

**Univerzita Karlova**  
**Přírodovědecká fakulta**  
Studijní program: Biologie  
Studijní obor: Ekologická a evoluční biologie



**Markéta Zíková**

Mechanismy kategorizace objektů u ptáků  
Category formation in birds

Bakalářská práce

Školitel: doc. Mgr. Alice Exnerová, Ph.D.

Praha, 2017

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala své školitelce Alici Exnerové za cenné rady a připomínky, které mi pomohly práci dokončit. Dále děkuji svojí rodině za podporu během psaní této práce i v průběhu celého studia.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Jičíně, dne

Podpis

## **Abstrakt**

Schopnost rozřazovat objekty do kategorií a podle toho na ně reagovat je pro živočichy ve volné přírodě zásadní. Slouží jim například k rozpoznání predátorů, sexuálních partnerů či kořisti. Kategorie mohou být perceptuální, asociační nebo relační. Perceptuální kategorie mohou vznikat pomocí různých mechanismů, které popisují teorie znaku, exempláře a prototypu. Podněty využívané ve studiu kategorizace bývají nejčastěji vizuální – může se jednat o různé typy obrázků i reálné objekty. Tato práce shrnuje studie věnující se tvorbě perceptuálních kategorií (kategorií podle perceptuální podobnosti) a relačních kategorií (podle vzájemného vztahu) na příkladu stejný/odlišný u ptáků. Z ptačích druhů je kategorizace studována nejčastěji na holubech, mezi další studované druhy patří například zástupci krkavcovitých či papoušků. U holubů byla zvláště dobře prostudována schopnost tvorby perceptuálních kategorií, na tomto principu jsou schopni rozřazovat velkou škálu objektů, od těch přirozených po člověkem vyrobené. K přiřazování nových členů nejčastěji využívají společné znaky. Naopak ve schopnosti kategorizovat objekty podle toho, zda jsou stejné nebo odlišné dovedou lépe krkavcovití ptáci, kterým k plnému pochopení úkolu stačí trénink s menším počtem podnětů.

## **Klíčová slova**

kategorizace, koncept, perceptuální kategorie, znak, exemplář, prototyp

## **Abstract**

Ability to categorize objects and react to members of one category similarly is important for animals in the wild. They use this ability to recognize predators, sexual partners or a prey. Categories might be perceptual, associative or relational. Perceptual categories can be formed by different mechanisms, described by feature, exemplar and prototype theory. Stimuli used in the categorization studies are usually visual – they can be different types of pictures or real objects. This thesis summarizes studies focused on the perceptual categories (categories based on the perceptual similarity) and the relational categories (based on the relationship between objects) on an example same/different, in birds. The categorization in birds is mainly studied in the pigeons, other tested species are corvids or parrots. In pigeons the perceptual categorization is especially well studied, they can categorize a variety of objects according to the perceptual similarity, from natural ones to man-made ones. They predominantly use common features to add category members. On the other hand corvids are better than pigeons in ability to categorize objects according to the sameness/difference, because they require lower number of training stimuli to full understanding of the task.

## **Key words**

categorization, concept, perceptual categories, feature, exemplar, prototype

# Obsah

1. Úvod.....	1
2. Kategorizace.....	2
2.1 Typy.....	2
2.2 Mechanizmy perceptuální kategorizace.....	3
2.2.1 Teorie znaku (Feature theory).....	3
2.2.2 Teorie exempláře (Exemplar theory).....	4
2.2.3 Teorie prototypu (Prototype theory).....	4
2.3 Koncept.....	4
3. Metodika kategorizačních experimentů.....	6
3.1 Aparát.....	6
3.2 Podněty.....	6
3.3 Postup.....	8
4. Perceptuální kategorie.....	9
4.1 Mechanizmy perceptuální kategorizace u ptáků.....	9
4.1.1 Kategorizace pomocí společných znaků.....	9
4.1.2 Kategorizace založená na exemplářích.....	13
4.1.3 Kategorizace pomocí prototypu.....	15
4.2 Faktory ovlivňující využití jednotlivých mechanismů a přepínání mezi nimi.....	17
4.3 Vliv typu objektů na proces kategorizace.....	21
4.4 Mezitaxonové srovnání.....	24
5. Relační kategorie.....	27
5.1 Kategorizace stejný/odlišný.....	27
5.1.1 Metody studia kategorizace stejný/odlišný.....	27
5.1.2 Faktory ovlivňující schopnost kategorizace stejný/odlišný.....	29
5.2 Mezitaxonové srovnání.....	32
6. Závěr.....	35
7. Seznam literatury.....	36



# 1. Úvod

Schopnost rozlišovat podněty, třídit je do kategorií a na základě toho na ně reagovat má v přírodě pro živočichy zásadní význam. Hlavní výhodou plynoucí z této schopnosti je urychlení a zefektivnění učení. Živočichové jsou tak schopni generalizovat, aplikovat již naučené znalosti na nové objekty a v rozmanitém a rychle se měnícím životním prostředí díky tomu snižují nutnost riskovat ztráty z opakování učení (Zentall et al. 2008). Mezi takové ztráty může patřit například nerozpoznání predátora nebo nerozpoznání nejedlé potraviny od jedlé. Přestože existují studie popisující ekologický význam kategorizace, podněty využívané v laboratoři se od těch v přírodě často velmi liší (Shettleworth 2009). Většina literatury se věnuje obecným principům a mechanismům kategorizace, tedy tomu co stojí za vytvářením kategorií a zařazováním nových objektů a na co bych se chtěla ve své práci zaměřit i já.

Existuje několik způsobů, jakými živočichové vytváří kategorie, z nichž každý má svoje specifika. Preference k využívání konkrétních způsobů se mohou lišit mezi jednotlivými taxony, záleží ovšem také na využití metodice. Podle daného mechanismu pak mohou být vytvářeny různé typy kategorií. Nejčastějším typem jsou kategorie perceptuální (podněty jsou spojené na základě vzájemné vnější podobnosti), dalšími typy jsou kategorie relační (spojování na základě vztahu mezi podněty) či asociační (rozdělení podle společné funkce, asociace se stejnou konsekvencí).

V laboratorních podmínkách byla schopnost kategorizace studována u řady různých živočišných taxonů – nejčastěji u primátů a ptáků. Z ptáků je pak hlavním modelovým druhem holub domácí (*Columba livia*), další často studované druhy patří například mezi hrabavé (Galliformes), krkavcovité (Corvidae) nebo papoušky (Psittaciformes). K různým experimentům bývají využívány různé podněty, nejčastěji jsou vizuální (Pearce 2013). Vizuální proto, že v přírodě se většina ptáků orientuje především zrakem a vytvořit vizuální podněty je v laboratoři jednodušší. U ptáků, především u pěvců, však existuje i řada studií věnujících se zvukové kategorizaci.

Cíle této práce jsou následující: (1) analyzovat publikované výsledky týkající se perceptuálních kategorií, se zaměřením na to jaký mechanismus kategorizace ptáci využívají a na čem to záleží, (2) zhodnotit co ovlivňuje přepínání mezi danými mechanismy, (3) analyzovat výsledky týkající se relačních kategorií a zjistit jaké faktory tvorbu těchto kategorií ovlivňují a (4) porovnat různé ptáččí druhy v obou typech kategorizace.

## 2. Kategorizace

Schopnost spojovat objekty do skupin – kategorií – a v závislosti na dané kategorii na ně reagovat se nazývá kategorizace nebo také klasifikace. Tato schopnost je u živočichů důležitá například pro rozlišení kořisti, predátora nebo partnera, ale také pro rozpoznání jedinců stejného či odlišného druhu (Troje et al. 1999).

### 2.1 Typy

Existují různé možnosti dělení kategorizace. Urcioli (2001) rozděluje kategorizaci na dva typy. První z nich je kategorizace podle vnější podobnosti, druhý kategorizace na základě sdílené asociace nebo funkce. Při *perceptuální kategorizaci* („perceptual categorization“, kategorizace podle vnější podobnosti) mají hlavní vliv sdílené znaky, tedy perceptuální podobnost. Tato kategorizace umožňuje velmi ekonomické chování, zvíře se nemusí učit reagovat na každý podnět zvlášť, ale může generalizovat na podněty podobné. Příkladem perceptuálních kategorií může být spojování objektů do kategorií určených podle toho, jak je rozdělují lidé ve své řeči (auta, květiny, židle,...) nebo rozdělování jednoduchých geometrických objektů podle daného tvaru či barvy. Jedná se o nejjednodušší způsob kategorizace, proto bývají tyto kategorie také někdy označovány jako kategorie základní úrovně („basic-level categories“) (Lazareva, Freiburger a Wasserman 2006). Tento způsob kategorizace byl dobře popsán na holubech (např. Astley a Wasserman 1992; Cook, Wright, a Drachman 2013). Z dalších ptáčích druhů byl popsán například u vran hrubozobých (*Corvus macrorhynchos*) (Bogale, Aoyama, a Sugita 2011).

*Asociační kategorizace* („associative categorization“, kategorizace na základě sdílené funkce) je typická spíše pro lidi a má už blíže ke konceptualizaci (viz Kapitola 2.3). Objekty jsou zde tedy rozdělovány podle sdílené funkce či asociace se společnou konsekvencí. Členové dané kategorie v tomto případě mohou být perceptuálně odlišní. V laboratorních podmínkách může být rozdělení kategorií dáno například odlišným výsledkem reakcí na jednotlivé kategorie (např. využití různých posilovačů) nebo vyžadováním odlišné reakce na každou kategorii (např. klování do různých tlačítek).

Třetím typem kategorizace, který Urcioli (2001) ve své práci nepopisuje, je *relační kategorizace* („relational categorization“). Relační kategorie bývají někdy také označovány jako abstraktní koncept („abstract concept“) (např. Katz, Wright, a Bodily 2007) (viz Kapitola 2.3). Zde je rozdělování objektů do kategorií založeno na vztahu mezi nimi, který je určen nějakým pravidlem (např. shodnost, odlišnost, větší než, menší než,...). Nejčastěji studovaným vztahem je právě stejnost/od-



lišnost.

V případě, že jsou objekty do kategorií seskupovány zcela náhodně, označují se tyto kategorie jako *pseudokategorie*. Holubi se pseudokategorie učí pomaleji než klasické kategorie, zřejmě proto, že nemohou využít generalizaci a jednotlivé členy si musí zapamatovat (Bhatt a Wasserman 1989).

Jiné dělení kategorizace je na explicitní a implicitní (Smith et al. 2012). Při *implicitní* (neanalytické) kategorizaci je na více znaků najednou zaměřena rozptýlená pozornost a odpověď je asociována s podnětem jako celkem. Subjekty kategorizují nevědomě a (v případě lidí) nemohou řešení daného úkolu vysvětlit. *Explicitní* (analytická) kategorizace využívá konkrétní vlastnosti podnětů a úzce zaměřenou pozornost. Důležitá je také funkční paměť. Explicitní přístup je typický zejména pro lidi, nicméně Smith et. al. (2012) ho ve své práci dokazují i u dalších druhů, do jisté míry i u holubů. Ti zřejmě nepreferují ani jeden z těchto přístupů a úlohy na oba typy se učí stejně rychle.

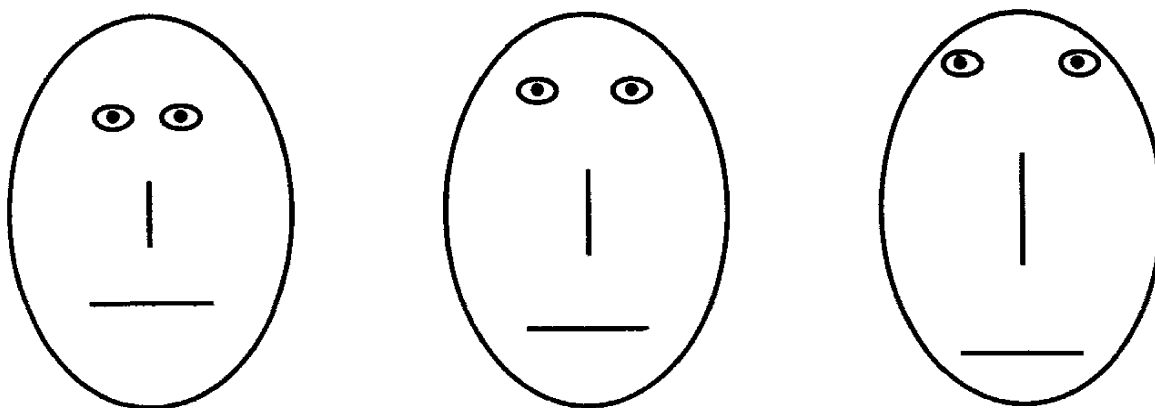
Implicitní systém má pro holuby řadu výhod. Především je ekonomičtější z hlediska nároků na nervový systém a proto může být vhodnější pro velikostně a váhově omezený nervový systém ptáků (menší a lehčí nervový systém mají ptáci jako jednu z adaptací na létání). Naopak explicitní systém umožňuje rychlé učení a kognitivní flexibilitu. Díky němu se může rozvíjet schopnost odvozování, symbolické reprezentace či řeči. Z těchto důvodů je častější u lidí a dalších primátů (Smith et al. 2011).

## 2.2 Mechanizmy perceptuální kategorizace

Existují tři teorie popisující mechanismy rozřazování objektů do kategorií – teorie znaku, exempláře a prototypu. Všechny tyto teorie se týkají perceptuální kategorizace (Huber 2001).

### 2.2.1 Teorie znaku (Feature theory)

Tato teorie předpokládá, že objekty jsou kategorizovány na základě přítomnosti konkrétního znaku nebo souboru znaků. Tímto znakem může být například barva nebo tvar. V případě rozlišování například lidských obličejů i konkrétní část tohoto obličeje – oči, ústa, apod. (Pearce 2013). Této teorii se věnuje například práce Hubera a Lenz (1993). Holubi zde byli učeni rozlišovat tzv. Brunswikovy obličeje (viz Obrázek 1). Tyto podněty obsahují čtyři snadno pozměnitelné oblasti a experimentátor si tak může sám určit, které znaky budou relevantní pro danou kategorii (Pearce 1994).



**Obrázek 1:** Brunswikovy obličej, využity jako podněty na příklad v experimentu Hubera a Lenz (1993) (převzato z Huber a Lenz, 1993).

### 2.2.2 Teorie exempláře (Exemplar theory)

Teorie exempláře říká, že dochází k zapamatování si všech příkladů, exemplářů dané kategorie. Tím se dá snadno vysvětlit kategorizace známých stimulů, ale kategorizace nových podnětů už vyžaduje nějaký přidaný mechanismus (Pearce 1994). Jako tento mechanismus slouží jednoduchá generalizace – tedy porovnání se známými exempláři a rozřazení podle podobnosti s nimi. V souvislosti s touto teorií se objevují dva problémy: (1) je nutné, aby si daný subjekt zapamatoval obrovské množství jednotlivých stimulů a (2) otázka, jakým způsobem dochází ke generalizování pouze na podněty ze stejné kategorie, jaká konkrétní podobnost je za to zodpovědná (Huber 2001).

Není jednoduché rozlišit teorii znaku a teorii exempláře na základě jejich předpokladů a výsledky některých studií se dají interpretovat pomocí obou z nich (Pearce 2013).

### 2.2.3 Teorie prototypu (Prototype theory)

Třetí a poslední je teorie prototypu. Tato teorie předpokládá vytvoření abstraktní reprezentace průměrného člena kategorie – prototypu – a nové podněty jsou poté zařazeny na základě podobnosti s tímto prototypem (Huber 2001). Kategorizace toho podnětu, který reprezentuje prototyp dané kategorie, by měla být vždy snazší a rychlejší než u ostatních podnětů (i v případě, že subjekt prototyp nikdy předtím neviděl) (Shettleworth 2009). Přestože některé dřívější práce (např. Watanabe 1988) ve snaze dokázat tuto teorii u holubů selhaly, řada novějších studií již úspěšná byla (např. Aydin a Pearce 1994).

## 2.3 Koncept

Výše popsané mechanismy kategorizace se týkaly tvorby kategorií pomocí sdílených fyzických znaků. Nicméně ke kategorizaci může docházet i na abstraktnější úrovni a nové objekty

mohou být zařazovány na základě nejen perceptuální, ale i asociační či funkční podobnosti k těm již zařazeným (Zentall et al. 2008). Nové objekty jsou pak rozřazovány pomocí tzv. konceptu. Přesnou definici konceptu je poměrně obtížné určit, většina autorů tento termín ve svých pracích vůbec ne-definuje nebo se v této definici mezi sebou liší. Lubow (1974) říká, že tvorba konceptu zahrnuje pouze schopnost reagovat stejně na jednu sadu podnětů a jinak na sadu odlišnou. Podle Margolise a Laurence (1999) se však jedná o jakousi mentální reprezentaci dané kategorie. Tato mentální reprezentace obsahuje nezbytné, ale dostatečné podmínky pro použití daného konceptu, tedy pro kategorizaci.

Pro tvorbu perceptuálních kategorií tvorba konceptu nebývá potřeba, tyto kategorie mohou být vytvořeny i pouze pomocí jednoduché diskriminace a generalizace. Naopak kategorie relační či asociační už nejsou určeny absolutními perceptuálními vlastnostmi objektů, ale spojuje je něco abstraktnějšího (Zentall et al. 2008). Pro správnou kategorizaci je tedy potřeba vytvořit koncept ve smyslu mentální reprezentace kategorie.

Konceptualizace byla dlouho považována pouze za lidskou schopnost, nicméně později byla dokázána i u dalších druhů. Holubi jsou například schopni třídit perceptuálně odlišné objekty na základě asociační podobnosti nebo pomocí abstraktního vztahu mezi nimi (Wasserman 1995). Existují různé typy konceptů, zde je uvádím tak, jak jsou shrnuty v pracích Zentall et al. (2008) a Zentall, Galizio, a Critchfield (2002):

*Perceptuální koncept* je vytvářen na základě sdílené fyzické vlastnosti podnětů. Tento koncept zřejmě není unikátní pro lidi, ale je velmi častý i u zvířat - vzhledem k tomu je často nazýván koncept základní úrovně. Určit, která konkrétní sdílená vlastnost je zodpovědná za klasifikaci podnětů není snadné. Diskriminace a primární generalizace jsou hlavní procesy zodpovědné za tvorbu tohoto konceptu.

*Asociační koncept* nespojuje podněty podobné perceptuálně, ale funkčně. Podněty nemusí sdílet žádné společné fyzické znaky, po perceptuální stránce mohou být rozděleny náhodně. Procesy zodpovědné za tvorbu tohoto konceptu jsou zřejmě u lidí i zvířat stejné. Důležitá je zde schopnost přenést symbolickou reprezentaci podnětu na nové atributy s ním spojené. Například to může při asociování podnětu A s podnětem B (např. červené barvy s vertikální linií) a poté podnětu A s podnětem C (např. bílý kruh) by mělo vést ke spojení podnětů B a C. Jiným příkladem asociačního konceptu jsou nadřazené kategorie (skládající se z kategorií základní úrovně) – například kategorie *zvíře* může obsahovat savce, ptáky apod.

*Relační koncept* spojuje podněty pomocí sdílených vztahů. Vyžaduje tedy porovnávání

podnětů a využívá také abstraktnější vlastnosti stimulů, jako asociační koncept. Tento koncept je nejčastěji studován na příkladu stejný/odlišný – tedy schopnosti rozlišit, zda jsou objekty stejné nebo se liší. U lidí je velmi rozšířený jakožto součást jejich jazyka, ale i ostatní zvířata jsou ho schopna za určitých podmínek vytvořit.

*Analogický koncept* zahrnuje vztahy mezi vztahy. Subjektu jsou například předloženy dva objekty v nějakém vztahu (např. stejné) a úkolem vybrat mezi dvě dalšími páry objektů, jeden je ve stejném vztahu jako vzorová dvojice (objekty jsou stejné), druhý je ve vztahu opačném (objekty jsou odlišné). U zvířat byl dobře prokázán, nicméně procesy, které za ním stojí se zřejmě mezi lido-opy a lidmi na jedné straně a ostatními zvířaty na straně druhé alespoň trochu liší.

Takto tedy rozděluje koncept ve svých pracích Zentall a jeho spolupracovníci, nicméně jiné studie nabízí trochu jiný pohled na věc, co vztahu mezi kategorizací a konceptem týče a terminologie se v řadě prací liší. Využívané pojmy jsem shrnula v Tabulce 1.

## **3. Metodika kategorizačních experimentů**

### **3.1 Aparát**

Ke studiu vizuální kategorizace se využívá Skinnerův box („operant chamber“). Příklad tohoto aparátu je na Obrázku 2. Na přední stěnu jsou prezentovány podněty, k tomu může sloužit monitor nebo průzory. 3D objekty mohou být také přidělané na podložku na podlaze. V blízkosti podnětu je pak přítomno odpovědní tlačítko, pomocí kterého jsou zaznamenávány odpovědi. Podněty mohou být také promítány přímo na toto tlačítko a subjekt tak klove rovnou do daného podnětu. V závislosti na počtu kategorií může být přítomno jedno nebo více tlačítek. V boxu se nachází také krmítko, pomocí kterého je subjekt odměňován za správnou odpověď. Jako trest za špatnou odpověď se využívá zhasnutí světla v boxu po určitou dobu, poté následuje opravné kolo.

### **3.2 Podněty**

Jako podněty mohou sloužit reálné trojrozměrné objekty, i jejich dvourozměrné reprezentace, tedy obrázky. Každý z těchto typů podnětů má svoje výhody i nevýhody. Přestože obrázky jsou využívány velmi často, nejsou z ekologického hlediska příliš vhodné, protože příroda je trojrozměrná. Není proto překvapivé, že reálným objektům ptáci věnují větší pozornost a učí se je rychleji (Delius 1992). Mezi další výhody reálných objektů patří fakt, že mohou poskytovat i další informace, důležité pro jejich rozlišení. Subjekty mohou využít například olfaktorická nebo hmatová vodítka (O'Hara, Huber, a Gajdon 2015). Obrázkové podněty mohou být různé – využívají se komplexní

Název a definice využitá v mojí práci	Alternativní názvy	Studie
Perceptuální kategorie = kategorie založená na vzájemné vnější fyzické podobnosti členů	Kategorizace založená na společném vzhledu (categorization based on appearance)	Urcuioli (2001)
	Perceptuální třída (perceptual class)	Zentall at. al. (2008)
	Perceptuální koncept (perceptual concept)	Zentall, Galizio a Critchfield (2002)
	Přirozený koncept (natural concept)	Katz, Wright a Bodily (2007)
Asociační kategorie = kategorie založená na asociaci členů se společnou reakcí, konsekvencí	Kategorizace založená na společné asociaci (categorization based on association)	Urcuioli (2001)
	Asociační koncept (associative concept)	Zentall, Galizio a Critchfield (2002) Katz, Wright a Bodily (2007)
	Asociační třída (associative class)	Zentall at. al. (2008)
Relační kategorie = kategorie založená na vzájemném vztahu mezi členy	Relační koncept (relational concept)	Zentall, Galizio a Critchfield (2002)
	Relační třída (relational class)	Zentall at. al. (2008)
	Abstraktní koncept (abstract concept)	Katz, Wright a Bodily (2007)

**Tabulka 1: Tabulka shrnující využívané názvy pro typy kategorií a jejich použití v jednotlivých studiích.**



**Obrázek 2: Příklad aparátu, využívaného při studiu vizuální kategorizace (převzato z Wasserman, 1995).**

fotografie i jednoduché lineární kresby. Komplexní podněty jsou vhodnější z ekologického hlediska, protože jsou podobnější těm přirozeným. V případě využití jednoduchých kreseb je naopak snadné zjistit, která část podnětu má hlavní vliv na kategorizaci (Gibson et al. 2005).

V řadě experimentů byla dokázána schopnost holubů rozpoznat obrázky jako reprezentace reálného světa. Zřejmě však záleží také na typu obrázku. Například Cabe (1976) dokázal transfer

(přenos naučené zkušenosti) diskriminace reálných objektů na fotografie těchto objektů a na obrázky jejich siluet, ale nikoliv na lineární kresby. Podobný výsledek pozoroval také Lumsden (1977). Pro holuby je tedy zřejmě jednodušší spojit si s objekty komplexní fotografie než jednoduché kresby. Navíc Delius (1992) dokazuje lepší transfer objektů na obrázky v případě použití černobílých fotografií než barevných. To však bylo zřejmě dáno odlišným zrakem holubů – fotografie byly vytvořeny podle trichromatického zraku lidí.

### 3.3 Postup

V první fázi experimentu nejdříve dochází k tzv. pretréninku. Ten slouží ke přivyknutí si subjektů na tréninkový box, na naučení se klovat do odpovědního tlačítka a brát si odměnu z krmítka. Když se subjekt toto naučí, může se přikročit k diskriminačnímu tréninku. V závislosti na počtu kategorií existují různé metody. Asi nejpoužívanější metodou je „successive go/no-go“ (např. Cerella 1979; Aust a Huber 2006). Zkráceně lze říci, že tato metoda využívá pouze dvou kategorií – jedna sada podnětů je označena jako pozitivní a reakce na ni je odměňována, druhá sada je negativní. Na tuto kategorii není reakce vyžadována, v případě uplynutí určité doby bez reakce je prezentován nový stimulus, v případě, že subjekt reaguje, je „potrestán“ zhasnutím světla a poté má zpravidla možnost svůj výkon opravit. Pokud tedy dále v textu uvádím rozdělení kategorií na pozitivní a negativní, jednalo se o využití této metody.

Druhou často využívanou metodou je „multiple-key forced choice“ (např. Bhatt et al. 1988; Astley a Wasserman 1998; Lazareva, Freiburger, a Wasserman 2004). Výhodou této metody je možnost využití většího počtu kategorií. Každá z těchto kategorií je poté asociována s jedním odpovědním tlačítkem (kterých je v experimentálním boxu více) a jako reakce na podnět z této kategorie je tedy vyžadováno klovnutí do tohoto konkrétního tlačítka. V případě špatné reakce je opět zhasnuto světlo a poté následuje opravné kolo.

V případě využití dvou kategorií je také možné trénovat subjekty pomocí simultánní diskriminaci. Subjektům jsou tedy podněty předkládány ne po jednom, ale po párech. Úkolem je poté klovnout rovnou do podnětu z jedné kategorie a druhý nechat bez reakce. Tento design byl využit například v experimentech Wernera a Rehkämpera (1999, 2001).

Aby mohlo být dokázáno vytvoření kategorie je poté nutno provést ještě test generalizace/transferu s využitím nových podnětů. Pokud je transfer pozitivní, subjekt chápe rozdíl mezi kategoriemi a kategorizace byla vytvořena.

## 4. Perceptuální kategorie

### 4.1 Mechanizmy perceptuální kategorizace u ptáků

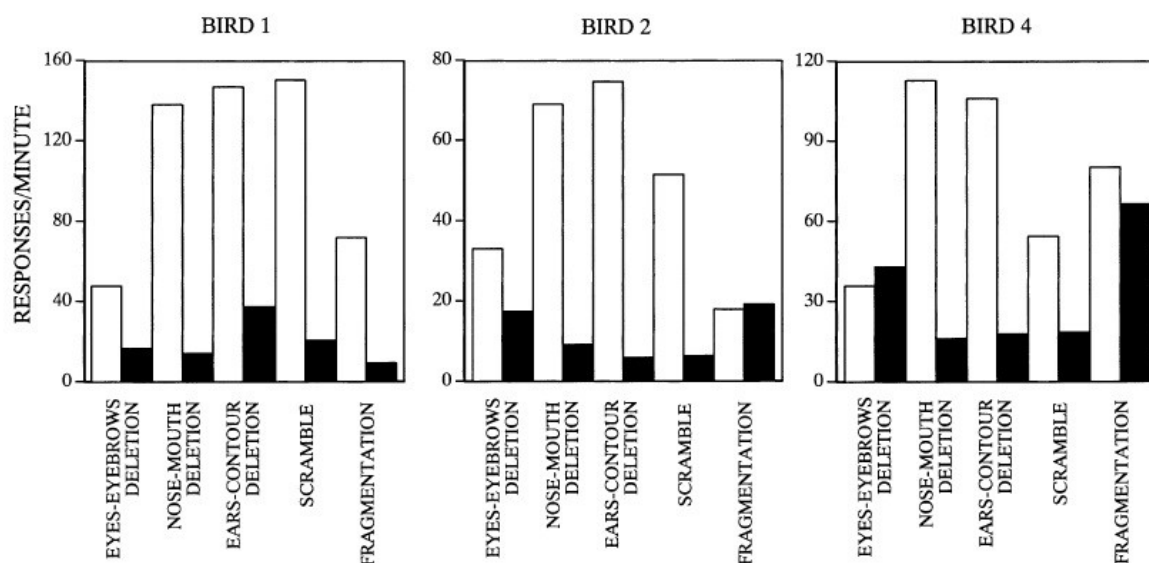
#### 4.1.1 Kategorizace pomocí společných znaků

Hlavním problémem při studiu teorie znaku je určit, který konkrétní znak je zodpovědný za rozlišení kategorií. Lépe to lze zjistit při využití přesně definovaných umělých podnětů, ale u přirozených, polymorfních kategorií je to velmi obtížné (Huber a Aust 2006). Relevantní znak lze určit pomocí manipulace s podněty (odstranění znaku, fragmentace či rozmazání obrázku,...). Trénink probíhá s kompletními obrázky, ty testové jsou poté daným způsobem modifikované.

Při studiu kategorizace pomocí společného znaku u holubů bývá využívána celá řada nejrůznějších podnětů. Velmi často je studována kategorizace lidských obličejů či dalších částí lidského těla, využity mohou být také obrázky zvířat nebo dalších věcí (například rozlišení čtyř kategorií – auta, židle, lidé a rostliny).

Kategorizaci kreseb lidských obličejů se ve svém experimentu věnovali Matsukawa, Inoue, a Jitsumori (2004). Pomocí různých manipulací zde byl studován vliv konkrétních znaků na kategorizaci obličeje. Jako stimuly zde sloužily obrysy obličejů kreslených postav na bílém pozadí – tedy poměrně jednoduché kresby. Sledován byl vliv znaku pomocí jeho odstranění, dále fragmentace celých obličejů a zpřeházení vnitřních částí obličeje. Holubi byli nejprve trénováni na rozlišování kompletních obrázků a po dosažení kritéria 80% správných reakcí (po 14, 15 a 52 lekcích) se přistoupilo k testu. V testu zabývajícím se odstraněním znaku byly využity obličeje bez očí a obočí, nosu a úst nebo uší a celkového obrysu hlavy. Největší vliv na transfer mělo odstranění očí a obočí. V případě jejich odstranění (odstraněny byly pouze společně) došlo k výraznému snížení reakce na pozitivní podněty. Všeobecně největší vliv na kategorizaci však měla fragmentace (viz Obrázek 3). Naopak zpřeházení částí obličeje výkon neovlivnilo a je tedy zřejmé, že pro správné rozřazení stačila přítomnost onoho nejdůležitějšího znaku.

Fotografie lidských obličejů využívá se své práci Gibson et al. (2005). K určení relevantního znaku je zde využita tzv. metoda bublin („Bubbles“). Tato metoda byla už dříve použita u lidí, zde bylo tedy zjišťováno, zda ji lze s úspěchem využít i u zvířat. Pokud ano, bylo by možné porovnat znaky důležité pro kategorizaci lidských obličejů mezi různými druhy. Holubi byli nejprve učeni rozlišovat kompletní obličeje podle pohlaví či výrazu. Trénink trval od 60 do 165 dní (u každého subjektu různě dlouho). V následujícím testu byly obličeje překryty pomocí masek, které zakrývali některé části obličeje a jiné ponechávali odkryté. Na základě toho bylo zjištěno, že pro rozlišení obličejů podle výrazu holubi využívají především znaky ve spodní části obličeje, a to včetně úst. Při



**Obrázek 3:** Graf znázorňující vliv jednotlivých modifikací na výkon holubů v experimentu zabývajícím se modifikacemi obrázků kreslených postav. Bílé sloupčky zobrazují počet reakcí na pozitivní podněty, černé na negativní. První tři dvojice sloupčků v každém grafu se týkají odstranění částí obličeje (očí a obočí; nosu a úst; uší a obrysu), další ukazuje vliv zpřeházení vnitřních částí obličeje („scrambling“) a fragmentace celého obrázku (převzato z Matsukawa, Inoue a Jitsumori, 2004).

rozlišování podle pohlaví byly naopak nejdůležitější oči a oblast okolo brady. Tato metoda tedy byla s úspěchem u holubů využita a ukázalo se, že pro rozlišení obličejů podle výrazu využívají holubi stejné znaky jako lidé. Naopak při rozlišení obličejů pohlaví se lidé zaměřovali spíše na oblast kolem úst než kolem brady, jako holubi.

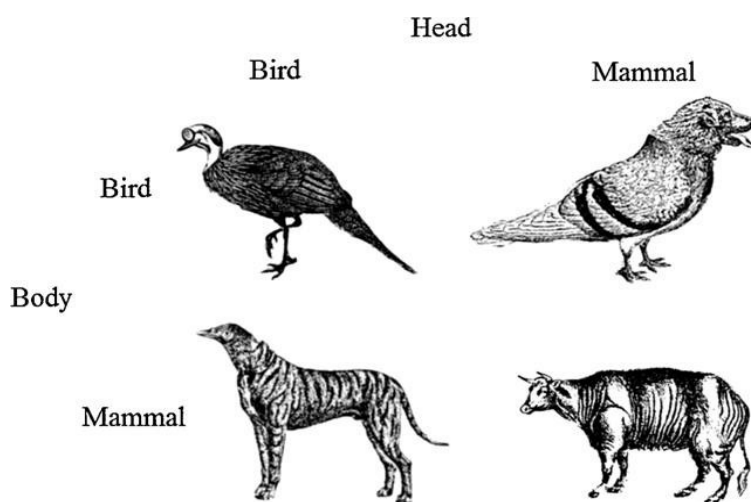
Rozlišování lidských obličejů podle pohlaví se věnuje i Troje et al. (1999). Zjišťován byl vliv tvaru a textury obličeje. Termín textura zde byl brán ve smyslu jeho využití v počítačové grafice, kde textura zahrnuje barvu, jas, kontrast apod. daného objektu. Holubi byli rozděleni do tří skupin podle tréninkových podnětů, jedna skupina měla podněty kompletní, obsahující informaci o tvaru i o textuře (Skupina O), u dalších dvou skupin byl vždy sjednocen tvar (Skupina T) či textura (Skupina S) napříč všemi obrázky z obou kategorií (muži i ženy). Při sjednoceném tvaru byly tedy všechny obličeje oříznuty do stejného, průměrného tvaru a tedy obsahovaly pouze informaci o textuře. Při sjednocené textuře byly všechny obrázky upraveny tak, aby měly stejnou texturu, ale zůstal jim jejich vlastní tvar, který tedy poskytoval informaci pro rozlišení. K dosažení poloviny maximálního výkonu v tréninku stačilo skupinám O a T méně než pět tréninkových lekcí, zatímco skupině S jich nestačilo ani čtyřicet. Všeobecně nejlépe si vedla skupina trénovaná s obrázky obsahujícími pouze informaci o textuře (tedy se sjednoceným tvarem), výsledky experimentu tedy potvrzují hypotézu, že textura obsahuje informaci pro holuby využitelnější než tvar.

Barva je znakem, který často ovlivňuje kategorizaci u ptáků, její vliv bývá studován pře-



dením podnětů do černobílé. Aust a Huber (2010) studovali, zda je barva (konkrétně barva kůže) využívána holuby jako primární znak při rozlišování obrázků s lidmi (pozitivní) od těch bez lidí (negativní). V testu byly jako pozitivní podněty využity obrázky černobílé, dále obrázky barevné, ale se zakrytou kůží (např. rukavicemi) a obrázky umělých objektů vybarvených barvou lidské kůže. Jako klíčová se ukázala nejen barva kůže, ale samotná její přítomnost a také konkrétní tvar lidského těla – v případě barvy kůže na jiných objektech než lidském těle. Ve všech testech reagovali holubi na podněty hůře než v tréninku.

Obrázky zvířat byly jako podněty využity například v experimentu Cooka, Wrighta, a Drachmana (2013). Jednalo se o detailní černobílé kresby ptáků, savců a uměle vytvořených kříženců a účelem bylo zjistit vliv různých znaků na rozlišení ptáků a savců. Sledován byl mimo jiné vliv hlavy a těla (podnět tvořen hlavou savce a tělem ptáka a naopak) nebo počtu končetin (savec se dvěma, pták se čtyřmi nohama, případně i typ nohou z druhé kategorie) (viz Obrázek 4) na rozpoznání savců od ptáků. Ukázalo se, že ze znaků bylo nejdůležitější tělo, podobně jako v podobném dřívějším experimentu (Ghosh, Lea, a Noury 2004). Holubi reagovali signifikantně více v přítomnosti těla z pozitivní kategorie (ptáci se savčí hlavou) než v přítomnosti opačného křížence a tedy právě podle těla byl podnět zařazen do kategorie. Ghosh, Lea, a Noury (2004) se věnovali kategorizaci obrázků psů a koček – holubi tedy měli rozlišovat mezi dvěma druhy savců a nikoliv mezi savci a ptáky. Jako podněty byly kromě kompletních obrázků psů a koček využity obrázky psích hlav na kočičích tělech a naopak. Předpokladem bylo, že holubi budou věnovat větší pozornost znakům na hlavě, jako tomu je u lidí. Trénink s kompletním obrázkem pouze psů či koček trval v průměru 5 – 13 lekcí. Kočky byly kategorie negativní a v testu s kříženci psů a koček holubi také více rea-

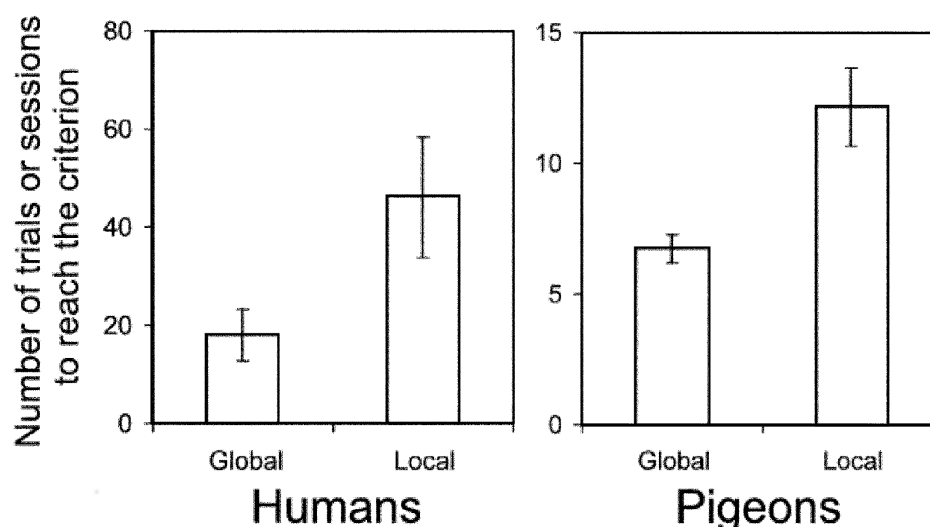


**Obrázek 4:** Příklad podnětů využitých ve studiu vlivu různých částí těla na správnou kategorizaci ptáků a savců (převzato z Cook, Wright a Drachman, 2013).

govali v přítomnosti psího těla než hlavy, rozdíl však nebyl tak výrazný. To však popírá předpovězenou hypotézu, že holubi budou věnovat větší pozornost znakům přítomným na hlavě. Zřejmě pro ně hlava není tak důležitá jako pro lidi, kteří využívají znaky na obličejích v sociálních interakcích.

V experimentu Cooka, Wrighta, a Drachmana (2013) bylo dále testováno otočení podnětů, a právě orientace hlavní osy těla se ukázala jako nejdůležitější znak pro rozlišení savců od ptáků – při otočení figury došlo ke zhoršení výkonu. Vliv otočení podnětů na výkon při kategorizaci byl ukázán i v dalších experimentech. Lazareva, Freiburger, a Wasserman (2006) trénovali holuby v rozlišování obrázků lidí, aut, květin a židlí. Holubi byli trénováni za využití metody four-alternative forced-choice, tedy každá kategorie byla asociována s jedním ze čtyř tlačítek. Testován byl vliv zrcadlového převrácení a otočení hlavou dolů. Výkon v případě zrcadlově převrácených podnětů byl na stejné úrovni jako v tréninku. Otočení obrázků hlavou dolů už však schopnost kategorizace ovlivnilo u všech podnětů kromě květin (řada z nich je radiálně symetrická), orientace tedy byla pro rozpoznání objektů důležitá.

Další často zjišťovanou informací je vliv lokálních a globálních znaků. Globální znaky jsou typické pro celý podnět. Může se jednat například o velikost, orientaci či jas. Vliv těchto znaků se sleduje rozdělením objektu na části a jejich zpřeházením – tím zůstanou na obrázku detaily, ale je zničen celkový vzhled. Lokální znaky jsou konkrétní části daného podnětu, vizuálně jsou vnímány jako samostatné objekty (Aust a Huber 2001). Vliv lokálních znaků bývá studován pomocí rozmazání obrázků (Aust a Braunöder 2015). Lidé většinou využívají přednostně globální informaci, zatímco u zvířat (nejen holubů, ale i šimpanzů či paviánů) byla objevena spíše preference k té lokální. Na toto téma je zaměřena řada prací, věnujících se kategorizaci u holubů (např. Goto, Wills, a Lea 2004; Aust a Huber 2001). (Aust a Huber 2001) využili jako podněty fotografie lidí, které tvořili jednu kategorii a fotografie bez lidí, tvořících kategorii druhou. Pomocí manipulací s podněty (přeházení jednotlivých částí) se potvrdilo, že holubi věnují větší pozornost znakům lokálním. Naopak Goto, Wills, a Lea (2004) ukazují, i holubi někdy dávají přednost globálním znakům, což je v rozporu s výše zmíněným předpokladem. Tento experiment porovnával výkony holubů a lidí a oba typy subjektů zvládli kategorizaci pomocí globálních znaků výrazně rychleji (viz Obrázek 5). Chování je zřejmě ovlivněno specifickými vodítky, které má subjekt k dispozici a nedá se jednoznačně říci, že ten který druh preferuje pouze jednu z těchto informací. V tomto experimentu sloužily jako podněty jednoduché geometrické tvary, zatímco Aust a Huber (2001), použili komplexní fotografie, vliv má tedy i typ podnětů. V případě přirozenějších nebo biologicky více signifikantních podnětů zpřeházení ovlivňuje výkon více a subjekty se tedy zaměřují na globální



**Obrázek 5:** Graf znázorňující rychlost dosažení kategorizace s využitím globálních či lokálních znaků u lidí a holubů (převzato z Goto, Wills a Lea, 2004).

znaky (Watanabe 2001). To je vidět i z výsledků experimentu (Lazareva, Freiburger, a Wasserman 2006) kde holubi věnovali větší pozornost globálním znakům u obrázků lidí a květín (tedy přirozeným objektům), zatímco u těch umělých (auta a židle) se zaměřovali na znaky lokální.

Kategorizování pomocí společných znaků je nejstudovanějším a nejvyužívanějším mechanismem kategorizace u holubů. Holubi jsou schopni naučit se rozlišovat nejrůznější objekty – lidské obličeje, obrázky jiných zvířat či neživých objektů. Všeobecně je pro ně důležitějším znakem barva než tvar, k rozlišování lidských obličejů využívají konkrétní části obličeje v závislosti na pravidlu rozdělovacím kategorie. V závislosti na daném podnětu jsou také schopni využívat globální i lokální znaky podnětu.

#### 4.1.2 Kategorizace založená na exemplářích

Jednou z otázek, které je třeba vyřešit při studiu kategorizace pomocí exemplářů, je jak velké množství podnětů jsou si subjekty schopny zapamatovat. Práci na holubech zabývajících se jejich pamětí byla celá řada. Vaughan a Greene (1984) dokázali, že holubi jsou schopni si zapamatovat stovky podnětů. Podle jedné části experimentu dokázali správně rozřadit až 320 fotografií venkovních prostor do zcela náhodně rozdělených kategorií, ale je pravděpodobné, že tím limity jejich paměti nekončí. Se stovkami podnětů pracovali také Herrnstein, Loveland, a Cable (1976). V experimentu Cooka et al. (2005) se jeden z holubů naučil rozlišovat více než 1 800 obrázků, druhý kolem 1 600. Jednalo se o nejrůznější fotografie krajin, objektů či o abstraktní obrázky, náhodně rozdělené do dvou skupin. Každá z těchto skupin byla asociována s jedním odpovědním tlačítkem. Sada podnětů byla postupně navyšována – po dosažení kritéria 85% správných odpovědí bylo přidáno třicet nových podnětů. Oba dva holubi se dokázali výše zmíněný počet podnětů naučit s

úspěšností přes 70% a navíc si tyto snímky pamatovali i po šesti měsících.

Pro využívání exemplářů je důležitá struktura kategorií. Astley a Wasserman (1992) používali podněty ze čtyř různých kategorií, určených tak, jak by byly dány podle lidské řeči (lidé, auta, květiny a židle). Pozitivní podněty byly pouze z jedné kategorie, negativní byly ze všech, tedy včetně té samé, jako ty pozitivní. Reakce na podněty z této jedné skupiny tedy bylo nutné si zapamatovat jednotlivě. Diskriminační trénink trval dvanáct dní. Nejvíce chyb se objevilo právě u negativních podnětů ze stejné kategorie jako pozitivní, je tedy zřejmé, že za kategorizaci holubů jsou primárně zodpovědné společné znaky, spíše než zapamatování si jednotlivých exemplářů.

Podobný výsledek vychází také z experimentu Cooka a Smithe (2006). Ti studovali tuto teorii pomocí využití kategorií, obsahujících prototyp, podněty k němu podobné i podněty podobné k druhé kategorii. K správnému zařazení těchto výjimek tedy bylo nutné si je zapamatovat. Holubi tyto výjimky zařazovali hůře (33% správných odpovědí), než podněty pro kategorii typické (77,5% správných odpovědí). V posledních pěti lekcích každého subjektu se nicméně jejich výkon ustálil a úspěšnost správného zařazení výjimek byla 72,8%. Je tedy zřejmé, že přestože holubi snáze využijí informaci o podobnosti jednotlivých podnětů, sekundárně jsou schopni si zapamatovat i jednotlivé exempláře.

Jinou možností je rozdělit podněty do kategorií zcela náhodně, bez nějakého konkrétního pravidla. Těmto kategoriím se poté říká pseudokategorie. Jedinou možností, jak tento úkol vyřešit, je zapamatovat si jednotlivé konkrétní podněty a jejich příslušnost do dané kategorie (Bhatt a Wasserman 1989). V experimentu Bhatta a Wassermana (1989) byl porovnáván výkon holubů trénovaných na rozlišování pseudokategorií od těch trénovaných s kategoriemi rozdělenými tak, jak jsou rozděleny podle lidské řeči (lidé, auta, květiny a židle). V tréninku byla využita metoda four-key forced-choice a bylo požadováno dosažení kritéria 70% správných reakcí. Skupina trénovaná na rozlišování pseudokategorií potřebovala k dosažení tohoto kritéria kolem čtyřiceti dnů, zatímco skupině s klasickými kategoriemi jich stačila polovina tohoto počtu. Z tohoto experimentu tedy vychází, že holubi se lépe zvládají naučit klasické kategorie než pseudokategorie – tedy opět se ukazuje, že schopnost kategorizace je dána především sdílenými znaky mezi členy dané kategorie.

Jitsumori, Ohkita, a Ushitani (2011) trénovali holuby v rozlišování obličejů japonských studentů. Tyto obličeje byly náhodně rozděleny do dvou kategorií a poté přeměněny podle jednoho konkrétního obličeje („prototypu“) pro každou kategorii – pro jednu to byl obličej kavkazského studenta a pro druhou japonského profesora. Každý obličej obsahoval jak společné znaky pro danou kategorii (s prototypem), tak i svoje vlastní, osobité znaky. Ve studii byly popisovány čtyři experi-

menty, při čemž pro každý byly využity nové subjekty. V prvním byly holubi pouze učeni rozlišovat obličeje a následně byla zjišťována schopnost transferu na obličeje nové, druhý experiment byl proveden jako kontrola k prvnímu – holubi byli učeni rozlišovat pouze jeden pozitivní podnět od jednoho negativního. Ve třetím a čtvrtém experimentu byly kategorie rozděleny tak, aby některé osobité znaky byly sdíleny mezi členy opačných kategorií. Ke správné kategorizaci tedy bylo nutné, naučit se znaky typické pro každý obličej. Z výsledků je zřejmé, že holubi se tyto znaky naučili používat, nicméně společné znaky v rámci kategorie jsou pro ně důležitější. Kategorizace pomocí exemplářů je však nejpravděpodobnějším vysvětlením výsledku.

Kategorizace pomocí exemplářů nebyla u holubů studována tak často, jako kategorizace pomocí znaků. Přestože jsou holubi schopni zapamatovat si velké množství nejrozumnějších podnětů, využívají tento mechanismus kategorizace spíše sekundárně.

#### **4.1.3 Kategorizace pomocí prototypu**

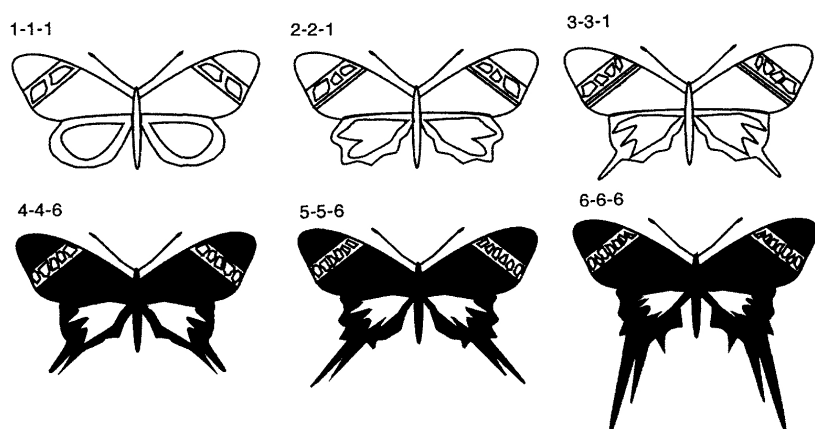
V řadě dřívějších experimentů zaměřených na využívání prototypu se jeho využití u holubů dokázat nepodařilo (např. Watanabe 1988; Pearce 1989). Watanabe (1988) trénoval holubi na rozlišování dvou konkrétních podnětů – bodů uspořádanými do trojúhelníku a bodů rozmístěných náhodně. Pro jednu skupinu byl pozitivní podnět normální trojúhelník (prototyp), pro druhou to byl lehce deformovaný trojúhelník. Po ukončení tréninku, který trval 18 – 37 lekcí pro skupinu s pozitivním trojúhelníkem a 27 – 93 lekcí pro druhou skupinu byl proveden generalizační test. V něm byly holubům předloženy trojúhelníky z bodů deformované na několika různých úrovních, včetně těch využitých v tréninku. Pokud by prototyp využívali, měli by nejvíce reagovat právě na něj, se zvyšující se deformací by měl poté výkon klesat. Tak to vypadalo u skupiny trénované s prototypem. Skupina trénovaná na klování v přítomnosti deformovaného trojúhelníku reagovala nejvíce právě na tuto trénovanou úroveň deformace, zřejmě se tedy naučili reagovat na konkrétní podnět a nedokázali vytvořit prototyp. Problém byl pravděpodobně ve využitých podnětech, holubi zřejmě nedokáží vytvořit prototyp z podnětů tvořených pouze jednoduchými body. Jelikož lidé testovaní ve stejném experimentu označili deformované podněty za „deformované trojúhelníky“, je možné že na využití prototypu má vliv schopnost verbálního označení, kterého holubi nejsou schopni.

Úspěšným experimentem věnujícím se prototypu je například práce Hubera (1996). Stejně jako v dřívějším experimentu zaměřeném na teorii znaku (Huber a Lenz 1993), i zde Huber využívá jako podnětů Brunswikových obličejů, kde jednotlivé znaky - vzdálenost mezi očima, výška čela, délka nosu a velikost oblasti pod ústy – nabývaly devíti různých hodnot (- 4 až +4). Pozitivní kategorie pak byla určena vzdáleností od prototypu rovnající se čtyřem, negativní naopak vzdáleností

rovnající se dvanácti. Tato vzdálenost byla určena součtem rozdílů jednotlivých hodnot daného podnětu od prototypu. Z pěti subjektů tři dosáhli požadovaného kritéria (80% správných reakcí) a to v průměru po 27 tréninkových lekcích. Tito tři holubi také prokázali pozitivní transfer na nové podněty, přičemž reagovali více na prototyp a podněty k němu podobné než na podněty od prototypu odlišnější. Prototyp tedy využít dokázali. Pro zbývající dva holuby, kterým se nedařil už původní trénink, byl poté využit pouze jeden konkrétní negativní podnět. Za těchto podmínek se již úkol naučili, nicméně zřejmě využívali kombinace konkrétních znaků a nikoliv vzdálenost od prototypu. Z tohoto výsledku lze usoudit, že využívání znaků je pro holuby jednodušší a přirozenější.

Podobný způsob využil ve svém experimentu také Jitsumori (1996). Jako podněty zde sloužily siluety „pseudomotýlů“ (viz Obrázek 6), které obsahovaly tři různé znaky (vzory na předních křídlech, tvar zadních křídel a intenzita stínování) nabývající šesti různých hodnot. Pro polovinu ptáků byl jako pozitivní prototyp určen podnět nabývající hodnot označených 2-2-2 a další pozitivní hodnoty byly 1, 2 a 3, negativní byl prototyp 5-5-5 a hodnoty 4, 5 a 6. Pro druhou polovinu to bylo naopak. Rozdělení kategorií pak bylo podle součtu hodnot – od 4 do 10 byly podněty v kategorii 2-2-2, od 11 do 17 v kategorii 5-5-5. V tréninku byly použity prototypy (tedy podněty sestávající pouze z pozitivních či negativních hodnot), v testu poté podněty s kombinacemi těchto hodnot včetně prototypů. Holubi se dokázali naučit úkol rychle – maximální počet tréninkových lekcí byl 17 (u ostatních ptáků to bylo méně). Největší rozdíl v rozlišování se objevil mezi prototypy, nikoliv mezi podněty s extrémními hodnotami (1-1-1 a 6-6-6) a holubi dané skupiny vždy nejvíce reagovali na daný pozitivní prototyp, nikoliv na podnět z extrémními pozitivními hodnotami. Tyto výsledky potvrzují vliv prototypu na chování subjektů.

Trochu odlišný design se objevil v experimentu Aydina a Pearce (1994). Prototypy ob-



**Obrázek 6:** Siluety "pseudomotýlů" využívané jako podněty v experimentu zabývajícím se kategorizací pomocí prototypu. Vzhledem k obtížnosti vyjádření intenzity stínování jsou zde z tohoto znaku znázorněny pouze krajní hodnoty (převzato z Jitsumori, 1996).

sahovaly všechny tři vlastnosti pozitivní či negativní, ostatní členové pozitivní a negativní kategorie byly dány přítomností dvou znaků pozitivních/negativních a jednoho z kategorie druhé. Podněty se skládaly z různě barevných obdélníků (A – střídající se azurové a červené čtverce, B – osm střídajících se modrých a vertikálních bílých proužků, C – žlutý, D – tři vertikální sloupce se střídajícími se zelenými a bílými proužky na černém pozadí, E – fialový, F – čtyřicet střídajících se horizontálních modrých a azurových proužků). A, B a C byly považovány za pozitivní znaky, D, E a F za negativní. V tréninku byly použity podněty s kombinacemi pozitivních a negativních znaků, prototypy (podněty sestávající z pouze pozitivních nebo pouze negativních znaků) byly poté testovány v transferovém testu. V přítomnosti pozitivního prototypu subjekty reagovaly nejrychleji, v přítomnosti negativního naopak nejméně. I zde bylo tedy chování dáno využitím prototypu.

Na výzkum využívání prototypu pro kategorizaci u holubů byla provedena řada studií. Počáteční experimenty využití tohoto mechanismu nedokázaly, což mohlo být dáno využitou metodikou a konkrétními podněty. V pozdějších experimentech už byla dokázána schopnost holubů využívat prototyp v kategorizaci.

## **4.2 Faktory ovlivňující využití jednotlivých mechanismů a přepínání mezi nimi**

Využívání jednotlivých mechanismů kategorizace závisí na různých faktorech. Při kategorizaci pomocí znaků využívá subjekt informaci charakteristickou pro celou kategorii („category-specific“), naopak pro využívání exemplářů je důležitá informace specifická pouze pro daný prvek kategorie („item-specific“). Přepínání mezi těmito informacemi se věnuje experiment Loidolta et al. (2003), v tréninku využívá metodu go/-no-go. V prvním experimentu byli holubi nejprve trénováni na využívání prvkově specifické informace – měli za úkol rozlišovat lidské obličeje jednoho pohlaví náhodně rozdělené do dvou skupin, tedy jednotlivé exempláře si museli zapamatovat jednotlivě. Poté měli za úkol rozlišovat jiné lidské obličeje podle pohlaví a využívat tedy informaci typickou pro celou kategorii. Pozitivní bylo vždy to pohlaví, které bylo využito v tréninku. V závěrečném testu byly využity nejen nové podněty, ale také podněty z první fáze tréninku, zde však byla požadována kategorizace podle pohlaví. Holubi v testu bez problémů rozlišili všechny podněty a jejich chování v testu tedy bylo ovlivněno pouze kategoricky specifickou informací. V druhém experimentu byli naivní holubi trénováni stejným způsobem, pouze by byly použity stejné pozitivní kategorie v obou trénincích (tvořené stejnými obličeji). Testováno bylo, zda na výsledek přepnutí na využívání opačné informace neměla vliv podobnost mezi podněty z obou fází tréninku. V testu byly využity mimo jiné i negativní obličeje z první fáze tréninku, které tedy těm z druhé (kategorické)

fáze nebyly vůbec podobné. Většina holubů je však správně zařadila do kategorií podle pohlaví a jejich nepodobnost k tréninkovým podnětům a tedy možné zapamatování si jejich rozřazení z prvního tréninku tedy vliv nemělo. V třetím experimentu byl testován vliv pořadí tréninků. Noví, experimentálně naivní holubi byli trénováni s využitím opačného pořadí tréninku (nejdříve na „category-specific“, poté na „item-specific“), test byl zaměřen na využívání prvkově specifické informace s využitím i podnětů z první fáze tréninku. Všechny obličeje v testu byly rozřazeny podle druhé fáze tréninku a je tedy zřejmé, že tato fáze tu první naprosto potlačila. Výsledky opět ukazují na využívání informace specifické pro celou kategorii při rozlišování obličejů podle pohlaví. Tedy místo aby si jednotlivé obličeje pamatovali samostatně, v případě jednoznačně rozdělených kategorií raději hledali společné znaky pro dané pohlaví. Jelikož ve všech experimentech holubi zvládli oba typy tréninku, je vidět, že dokáží podle potřeby přepínat mezi využíváním znaků i exemplářů.

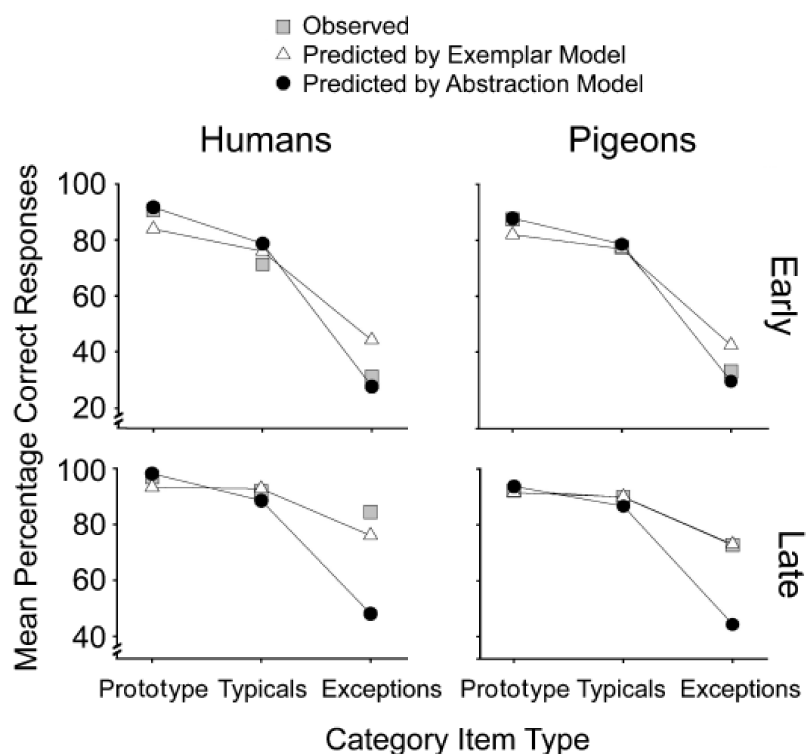
Na podobném principu byl založen také experiment Aust a Hubera (2001). Jako podněty zde sloužily fotografie různých lidských postav na různém pozadí (Kategorie P), které měly být rozlišovány od fotografií bez lidí (Kategorie NP). Jako subjekty byli opět využiti holubi, kteří byli rozděleni do dvou skupin podle toho, která kategorie byla pozitivní. V testu byly využity obrázky z lidí z tréninkových i nových podnětů na pozadí využitém ze známých i nových podnětů z kategorie NP. Holubi odměňovaní za kategorii P reagovali na testové podněty stejně, jako na tréninkovou pozitivní kategorii, zřejmě tedy využívali informaci relevantní pro celou kategorii a zaměřovali se na vyhledání lidské postavy. Naopak skupina odměňovaná za kategorii NP reagovala na testové podněty smíšeně, tedy holubi je nezařazovali jednoznačně do jedné nebo druhé kategorie. Zřejmě nevyužívali dominantně ani jednu z možných informací, naopak kombinace známých a nových podnětů vedla ke zmatení a ke snížení výkonu. Je tedy pravděpodobné, že oba typy informace („category-specific“ i „item-specific“) jsou uloženy v paměti, ale pouze u skupiny odměňované za kategorii P bylo chování jednoznačně kontrolováno primárně pomocí informace specifické pro celou kategorii. Tento rozdíl mohl být dán tzv. „feature-positive“ efektem, tedy usnadněním rozlišení kategorií přítomností společného znaku u pozitivní kategorie.

Jak dokazuje Cook a Smith (2006), využívání jednotlivých mechanismů se také mění během procesu učení. Jak jsem již popisovala výše (viz Kapitola 4.1.2), v této studii byli holubi učeni rozlišovat kategorie sestávající z prototypu, typických exemplářů a exemplářů podobných prototypu druhé kategorie (výjimek). Předpoklady byly vytvořeny pomocí modelu založeného na exemplářích („exemplar-based model“) a modelu založeného na abstrahování společné informace („abstraction-based model“). V prvních fázích učení holubi výrazně lépe reagovali na prototypy a typické



exempláře, což odpovídá modelu založenému na abstrakci, který se v předpokladech lišil pouze o 0,3% v procentu správných zařazení prototypu a o 3,5% v úspěšnosti rozřazení výjimek oproti pozorovanému výkonu. Posledních pět lekcí, kdy už byl výkon u jednotlivých členů kategorií vyrovnaný, naopak odpovídá predikcím modelu založenému na exemplářích. V prvních fázích tedy holubi spíše využívali abstrahování společné informace, v pozdější etapě se sekundárně naučili využívat také zapamatování si exemplářů. Podobně tomu bylo také u lidí (viz Obrázek 7). Dřívější využívání společných znaků před zapamatováním si exemplářů může být dáno tím, že toto chování je odměněno téměř v každém kole a také tím, že i v přírodě se zvířata primárně zaměřují na společné znaky. Rozpoznání potravy, predátorů či partnerů je založeno především na perceptuální podobnosti, schopnost využívat zapamatování si exemplářů a jejich vyvolání z paměti však může být také potřeba, proto je sekundárně přítomna a za určitých okolností využívána. Z těchto výsledků je také zřejmé, že mezi různými druhy (holubi a lidé) se vyskytuje podobnost v procesech řešení kategorizačních problémů.

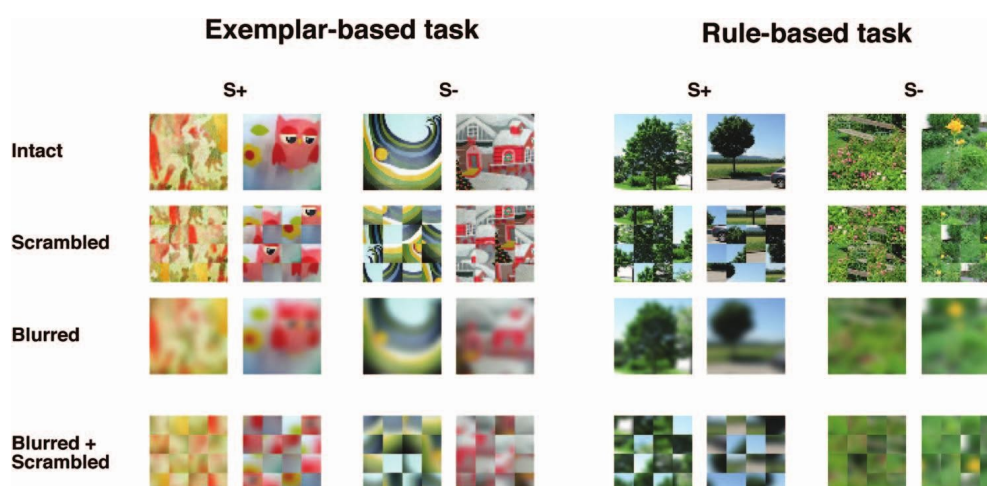
Rozlišení mezi využitím exemplářů a znaků může být dáno také počtem podnětů a jejich vzájemnou podobností. Při vyšším počtu členů kategorie a jejich vzájemné větší podobnosti je



**Obrázek 7:** Graf znázorňující správné rozřazování prototypů, typických exemplářů a výjimečných exemplářů u holubů a lidí. Šedé čtverečky znázorňují pozorovaný výkon, bílé trojúhelníky předpoklad modelu založeného na abstrakci a černá kolečka předpoklad modelu založeného na exemplářích. Horní grafy se týkají prvotních fází učení, dolní těch pozdějších (převzato z Cook a Smith, 2006).

možné, že zvířata budou preferovat spíše využití znaků jako je tomu u lidí (Cook a Smith 2006). Bhatt et al. (1988) trénoval holuby na rozlišování velkého počtu (2000) podnětů, z nichž každý byl prezentován jen jednou, tyto podněty byly rozřazovány do čtyř kategorií – květiny, auta, židle a lidé. Holubi se tyto objekty naučili rozlišovat, nicméně otázkou bylo jaký mechanismus využívají. Pokud by využívali zapamatování si exemplářů, zřejmě by si daný den tréninku pamatovali alespoň část podnětů ze dne předchozího a reagovali by na ně lépe než na podněty nové. Toto bylo otestováno předložením sady podnětů sestávající z nových obrázků společně z obrázky z předešlého dne tréninku. Preference pro známé podněty však pozorována nebyla, což souhlasí s nevyužíváním exemplářů při příliš velkém počtu podnětů. Naopak například ve výše zmíněné studii Loidolta et al. (2003), kde se holubi dokázali naučit kategorizovat lidské obličeje pomocí zapamatování si konkrétních exemplářů jednotlivě, bylo využito pouze 20 tréninkových podnětů rozdělených do dvou kategorií. Tedy při využití takto malého počtu holubi s využitím exemplářů problém nemají.

Rozdíly ve využívání exemplářů a společných znaků se věnují také Aust a Braunöder (2015). Holubi byli trénováni rozdělovat fotografie přírody podle ne/přítomnosti stromů („rule-based task“) nebo rozdělovat zcela náhodně různé kreslené obrázky („exemplar-based task“) (viz Obrázek 8). Polovina subjektů nejprve prošla jedním úkolem, poté druhým, polovina naopak. Navíc byli rozděleni do skupin podle využitých podnětů – pro jednu skupinu byly obrázky v tréninku neporušené, pro druhou se zpřeházenými částmi a pro třetí rozmazané. V testu byly poté využity dvě modifikace opačné k tréninku (tedy skupina trénovaná s neporušenými obrázky byla testována s těmi rozmazanými a zpřeházenými, atd.). Další testy se týkaly černobílých obrázků, obrázků zpřeházených a zároveň rozmazaných a obrázků zcela nových (neporušených, zpřeházených nebo roz-



**Obrázek 8:** Příklady podnětů využitých v experimentu zabývajícím se schopností holubů využívat ke kategorizaci zapamatování si exemplářů a zároveň i společné znaky. V levém sloupečku se nachází objekty využitě v úkolu zaměřeném na exempláře, v pravém obrázky zaměřené na znaky. S+ označuje podněty pozitivní, S- podněty negativní (převzato z Aust a Braunöder, 2015).

mazaných). Předpokladem bylo, že „rule-based“ úkol bude pro holuby jednodušší a tedy bude naučen rychleji a že barva bude hrát větší roli v „exemplar-based“ úkolu. V případě náhodně rozdělených podnětů totiž bude mít každý podnět svoje vlastní barevné znaky, které by tudíž být pro holubi význačnější. Naopak obrázky přírody mají víceméně stejné barvy, bez ohledu na přítomnost stromů a holubi by se tedy měli zaměřovat na něco jiného. Všeobecně lépe si holubi vedli v „rule-based“ úkolu, takže exempláře zřejmě využívají druhotně, což souhlasí s výše zmíněnou prací (Cook a Smith 2006) a potvrzuje to jeden z předpokladů této studie. Nicméně v testu 3 (zpřeházené a zároveň rozmazané obrázky) byl transfer lepší v „exemplar-based“ úkolu. Zřejmě jedním z mála nutných vodítek, která zde zůstala byly barvy, které byly u jednotlivých exemplářů dostatečně odlišné a mohly být tedy využity pro správnou kategorizaci. Společně se špatným transferem na černobílé obrázky v tomto úkolu to potvrzuje předpoklad o důležitosti barvy v „exemplar-based“ úkolu.

Huber (1996) předpokládá, že kategorizace pomocí prototypu je nejsnáze dosaženo za použití velkých a polymorfních kategorií, jejichž exempláře jsou odvozené od nějakého ideálního vzoru. Jednotlivé znaky by spolu měly úzce souviset. Tak to bylo využito v experimentech Hubera (1996) a Jitsumoriho (1996), popsaných výše (viz Kapitola 4.1.3), kde bylo využití prototypu při kategorizaci dokázáno. Naopak v experimentech, které v dokázání prototypu selhaly vždy alespoň jedna z těchto vlastností chyběla. Podněty, které využil Watanabe (1988) nebyly příliš polymorfní (byly tvořené pouze různě uspořádanými body), zatímco Pearce (1989) použil příliš malé kategorie (méně než dvacet členů v každé ze dvou kategorií). Huber (1996) využil více než 6561 různých podnětů, Jitsumori (1996) jich použil 102.

### 4.3 Vliv typu objektů na proces kategorizace

Podněty využívané při studiu kategorizace jsou rozmanité, nicméně obvykle dosti odlišné od toho, s čím se zvířata setkávají v přírodě. Pro experimentátory bývá složité, přiblížit se přírodě především proto, že uměle vytvořené podněty jsou praktičtější nejen z hlediska jejich výroby, ale také z důvodu snadnější manipulace s jejich jednotlivými parametry (Herrnstein, Loveland, a Cable 1976). Při studiu vizuální kategorizace mohou jakožto podněty sloužit obrázky, jako reprezentace reálného světa nebo, méně často, přímo reálné objekty.

Lea a Ryan (1990) (podle Jitsumoriho, 1993) ukazují, že pro holuby je jednodušší rozlišování přirozených kategorií než těch umělých. To souhlasí s výsledky prací, popisovaných Herrnsteinem a Perrettem (1985). Podle nich holubi nebyli schopni naučit se rozlišovat obrázky podle ne/přítomnosti umělých objektů (lahví nebo židlí). Naopak Bhatt et al. (1988) žádný rozdíl mezi

umělými a přirozenými objekty nepozoroval, pravděpodobně tedy závisí na konkrétních podnětech a využití metodice. V tomto experimentu byli holubi trénováni na rozlišování čtyř kategorií – kategorie aut, židlí, květin a koček. V testu jim poté byly předloženy nové obrázky z těchto kategorií, nicméně se neobjevil žádný signifikantní rozdíl mezi výkonem u jednotlivých kategorií. V případě, že mají holubi rozlišovat mezi obrázky různých objektů není pro ně problém tyto objekty rozlišit. Pokud však mají na fotografii vyhledávat konkrétní objekt a kategorizovat podněty podle jeho ne/přítomnosti, nezvládají úkol pokud se jedná o objekt umělý. Naopak pokud se jedná o rozlišování obrázků podle ne/přítomnosti přirozených objektů (stromy, lidé), úkol se naučit dokáží. To může být dáno jejich nerelevantností pro holuby v biologickém kontextu (shrnutí v Herrnstein a Perrett 1985).

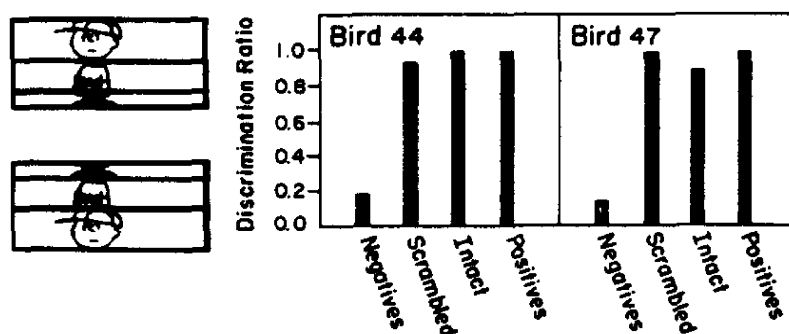
Rozlišování kategorií auta, židle, květiny a lidé se věnují také Lazareva, Freiburger, a Wasserman (2004). V tomto experimentu byli holubi kromě rozlišování základních, výše zmíněných kategorií, učeni kategorizovat tyto objekty také do nadřazenějších kategorií – auta a židle do kategorie umělé objekty, květiny a lidi do kategorie objektů přirozených. Trénink trval průměrně kolem šedesáti dnů a umělé objekty se holubi zvládli rychleji naučit kategorizovat na základní úrovni, než na úrovni nadřazené. U přirozených objektů žádný signifikantní rozdíl mezi těmito úrovněmi pozorován nebyl, zřejmě jsou si přirozené podněty z různých podkategorií navzájem podobnější než ty umělé. Výkon při transferovém testu, kde byly holubům předloženy nové obrázky z daných kategorií, už byl na podobné úrovni ve všech úkolech. Stejně jako z experimentu Bhatta et al. (1988) se zde ukazuje, že pro holuby není žádná z kategorií auta, židle, květiny a lidé jednodušší než jiná.

Často využívanými přirozenými podněty jsou lidské obličeje. Nejedná se o biologicky nejrelevantnější podněty pro holuby, nicméně právě proto lze předpokládat, že na ně nebudou reagovat podle nějakého pro ně známého biologického kontextu a průběh pokusu tak může být zcela kontrolován experimentátorem. Navíc se jedná o přirozené podněty, obsahující velké množství různých znaků a lze je rozdělit na přirozené kategorie (např. podle pohlaví) (Troje et al. 1999). Řada experimentů dokazuje, že se je holubi dokáží naučit kategorizovat velmi snadno.

Kategorizaci reálných objektů se věnoval například Delius (1992). Zde byli holubi učeni rozlišovat objekty podle tvaru na kulovité a nekulovité. Holubi nejen zvládli naučit se tento úkol velmi rychle, ale dokázali také transfer na nové objekty. Byli také schopni transferu na obrázky těchto objektů, nicméně jejich výkon byl u obrázků horší. Obrázky byly využity černobílé i barevné, přičemž s barevnými obrázky holubi předvedli horší výkon. Je tedy zřejmé, že holubi dokáží rozeznat obrázky jako 2D reprezentace reálných objektů, zároveň však je pro ně jednodušší naučit

se přímo 3D objekty. Horší výsledek s barevnými obrázky byl zřejmě dán jejich pentachromatickým viděním – obrázky byly vytvořeny podle trichromatického zraku lidí.

Obrázky využívané při kategorizaci mohou být jednoduché, lineární kresby nebo se může jednat o komplexní barevné fotografie. Lineární kresby využil ve svém experimentu například Cerella (1980). Konkrétně se jednalo o komiksové postavy – pozitivní byla postava Charlieho Browna, negativní byly ostatní postavy z komiksu Peanuts. Jelikož holubi bez problémů rozpoznávali obrázky i po zpřeházení jejich částí (viz Obrázek 9), ke kategorizaci zřejmě stačila informace zůstávající po této modifikaci (fragmentace na hlavu, tělo a nohy + zpřeházení těchto částí), nikoliv rozpoznání obrázku jako reprezentace trojrozměrného objektu. Naproti tomu při použití barevných fotografií se výkon po deformaci zhoršil (Watanabe 2001). Fotografie reálných objektů jsou tedy pravděpodobně rozpoznávány jako reprezentace těchto objektů a větší roli zde hraje konkrétní prostorové uspořádání. Rozdíl ve využití prostorového uspořádání může být dán také odlišnou informací, kterou podněty poskytují. Fotografie, obsahující mnoho různých tvarů a barev, obsahují mnohem více rozlišitelných oblastí. Naopak znaky jednoduchých kreseb jsou pouze různě tvarované, ale víceméně uniformní, čáry, jejichž vzájemné vztahy nejsou tak nápadné (Aust a Huber 2003). V experimentu využívajícím jednoduchých kreseb (Kirkpatrick-Steger, Wasserman, a Biederman 1996) vedlo zpřeházení jejich částí ke zhoršení výkonu, výkon však byl stále na dostatečné úrovni a je tedy zřejmé, že holubi věnují pozornost jednotlivým částem objektu i jejich prostorovému uspořádání. V tomto experimentu byly jako podněty využity kresby neživých objektů (konve na zalévání, žehličky, lodě a stolní lampy). Zajímavé je, že různí holubi reagovali různě na jednotlivé modifikace objektů. Například v případě lodi bylo pro dva holubi důležité umístění trupu, pro jiného vzájemné umístění plachet a pro poslední dva to byly obě z těchto modifikací. Tedy nesprávné umístění těchto znaků vedlo ke zhoršenému výkonu. Z podobné analýzy ostatních objektů vychází, že holubi věnovali po-



**Obrázek 9:** Příklad podnětů využitých v experimentu Cerelly (1980) a zároveň graf znázorňující výkon v přítomnosti těchto podnětů. První sloupeček se vždy týká negativních tréninkových podnětů, druhý objektů se zpřeházenými částmi, třetí kompletních a čtvrtý pozitivních tréninkových podnětů (převzato z Cerella, 1980).

zornost buď jednomu konkrétnímu znaku ve vztahu ke zbytku objektu nebo vzájemnému vztahu mezi dvěma znaky. Mezi jednotlivými kategoriemi nebyl pozorován žádný signifikantní rozdíl, tedy holubi se zvládali naučit kategorizovat všechny tyto objekty stejně dobře.

Holubi se dokáží naučit kategorizovat podle perceptuální podobnosti široké spektrum nej-různějších objektů. Lépe se jim kategorizují trojrozměrné objekty než obrázky. Obrázky konkrétních objektů bez problém rozliší, bez ohledu na konkrétní objekt, ale pokud mají rozlišovat podle ne/přítomnosti objektu na nějaké komplexní fotografii, jsou pro ně jednodušší objekty přirozené. V případě jednoduchých kreseb se zaměřují spíše na jednotlivé znaky, u komplexních fotografií vnímají také jejich prostorové uspořádání.

## 4.4 Mezitaxonové srovnání

Přestože většina prací týkající se perceptuálních kategorií u ptáků byla zaměřena na holuby, existují i studie využívající jiných ptačích druhů. Například vrány hrubozobé (*Corvus macrorhynchos*) se v experimentu Bogaleho, Aoyamy, a Sugity (2011) naučily rozřazovat lidské obličeje podle pohlaví. Vrány byly trénovány pomocí simultánní prezentace dvou podnětů na rozlišování mužských a ženských obličejů. Trénink trval 120 – 300 dní, což je více než u holubů, učených rozlišovat lidské obličeje podle pohlaví, kteří na naučení potřebovali v průměru 40 dní (Troje et al. 1999). Vrány byly poté testovány s černobílými obrázky a s obrázky se zakrytými částmi. Barva se ukázala být nejvýznačnějším vodítkem pro rozlišení obličejů podle pohlaví, naopak zakrytí vnitřních částí obličeje nemělo na výkon výrazný vliv. Ve výše zmíněném experimentu s holuby (Troje et al. 1999) subjekty také pro kategorizaci lidských obličejů využívali barvu, nicméně jak je patrné například z výsledků studie Gibsona et al. (2005), vnitřní části obličeje jsou pro ně také důležité.

Vrány hrubozobé byly také učeny kategorizovat jednoduché geometrické objekty podle barvy i tvaru (Bogale a Sugita 2014). Zde byly vrány opět trénovány pomocí simultánní diskriminace, nicméně podněty nebyly prezentovány na monitor. Jednalo se geometrické tvary (trojúhelníky, čtyřúhelníky, pětiúhelníky a kruhy různé barvy) vytištěné na bílý papír a přidělané na plastové kelímky. Pozitivní kategorií byly trojúhelníky, negativní ostatní tvary, v tréninku byly využity pouze tvary červené barvy. V kelímku s pozitivním podnětem byla schována odměna, ke které se vrána dostala po klovnutí do správného podnětu. Trénink trval od 70 do 160 tréninkových kol (jedna lekce vždy obsahovala deset kol a v jeden den proběhla pouze jedna lekce). Poté byly vrány testovány s využitím odlišných typů trojúhelníků v kombinaci s jinými tvary. Vrány byly schopny i transferu na jiné typy trojúhelníků a v testu se primárně zaměřovaly na známý tvar, nikoliv barvu (v případě trojúhelníku nové barvy a odlišného tvaru červené barvy nebo obou tvarů nové barvy přesto vybraly

správně trojúhelník). Problém měly pouze při zmenšení objektů, zřejmě je pro ně velikost součástí tvaru. Při srovnání s výsledky předchozí studie (Bogale, Aoyama, a Sugita 2011) je tedy zřejmé, že využití konkrétního znaku závisí na charakteru podnětů. V případě, že se jedná o objekty přirozené (jako lidské obličeje), věnují vrány větší pozornost barvě, zatímco u objektů umělých (geometrických tvarů) se zaměřují spíše na tvar. Preference tvaru vůči barvě v kategorizování geometrických objektů však mohla být dána také využitím tvaru v diskriminačním tréninku – vrány se tak naučily rozlišovat objekty podle tvaru a barva pro ně nebyla relevantní.

Z čeledi krkavcovitých (Corvidae) byly na studium kategorizace využity i sojky chocholaté (*Cyanocitta cristata*) (Real et al. 1984). Tento druh byl schopen naučit se nejen rozlišovat listy podle okousání od různé (jedlé a nejedlé) kořisti, ale také tuto skutečnost generalizovat na listy nové. Okousání jedlými, ale kryptickými housenkami bylo hladké, pravidelné. Předpokladem bylo, že tyto housenky zakrývají svoji přítomnost, takže listy na první pohled nevypadají poničeně. Naopak okousání nejedlým a nekryptickým druhem bylo neuspořádané, nepravidelně rozmístěné na různých místech na listu. I po tréninku s pouze jedním členem z každé kategorie, dokázaly sojky dobře kategorizovat i nové objekty a neporušené listy, na které reagovaly jako na listy okousané kryptickou kořistí. Tento výsledek tedy souhlasí s předpokladem, že kryptická kořist po sobě zanechává méně stop. Dále bylo potvrzeno, že sojky dokáží tyto dva typy listů rozlišit a že k naučení diskriminace jim stačí trénink s pouze jedním exemplářem z každé kategorie. Studií perceptuálních kategorií u krkavcovitých je tedy poměrně málo, více se jim věnují práce týkající relačních kategorií (viz Kapitola 5.2).

Špačci obecní (*Sturnus vulgaris*) byli schopni naučit se kategorizovat shluky bodů podle symetrie (Swaddle et al. 2001). Podněty sestávaly ze stejného počtu černých bodů, které byly v kategorii symetrických bodů symetrické podle vertikální či horizontální osy, asymetrické podněty měly body rozmístěné náhodně. Účelem bylo zjistit, zda ptáci dokáží rozpoznat symetrii a mohou jí tedy využívat v nejrůznějších sociálních interakcích (např. rozpoznání kvality partnera). Body byly využity především proto, že špačci využívají tečkování na hrudi jiného jedince v sociálních kontaktech a bylo tedy pravděpodobné, že mu budou věnovat pozornost. Nejen, že špačci zvládli tyto podněty rozlišit, ale dokázali naučenou schopnost také přenést na nové. Nebyla ukázána preference pro symetrii či naopak asymetrii. Schopnost kategorizovat podněty podle symetrie byla studována i u holubů (Delius a Habers 1978). Podněty byly tvořeny buď body, stejně jako u špačků, nebo se jednalo o konkrétní tvary, opět symetrické či asymetrické podle jedné či druhé osy. Podle a/symetrie byly rozděleny do kategorií. V testu byly poté využity nové podněty. Stejně jako u špačků ani u ho-

lubů nebyla pozorována preference pro jednu z kategorií, holubi kategorizovali podněty stejně úspěšně bez ohledu na to, která kategorie byla pozitivní. Schopnost kategorizovat symetrické a asymetrické podněty je tedy zřejmě u špačků a holubů stejná.

Dalším často využívaným druhem je kur domácí (*Gallus gallus f. domestica*). Tomuto druhu se věnují například Werner a Rehkämper (1999, 2001). V dřívějším experimentu z roku 1999 byly slepice učeny rozlišovat geometrické tvary lišící se v různých dimenzích, přičemž relevantní byl pouze rozdíl v rozích (hranaté vs. oválné). Další odlišnosti byly v závislosti na celkovém tvaru, úhlu a zkosené straně. Studie měla ukázat, zda slepice budou k rozlišování využívat jen tento jeden odměňovaný rozdíl, nebo zda budou věnovat pozornost i dalším vodítkům, neumožňujícím rozlišení kategorií. Podněty byly prezentovány vždy po dvojicích. Ptáci zvládli diskriminaci i následnou generalizaci na nové podněty, nicméně při použití většího počtu podnětů se jejich výkon zhoršil. Z analýzy chování subjektů v závislosti na jednotlivých dimenzích se ukázalo, že slepice nerozlišovaly objekty podle pouze jedné dimenze znaků. Naopak jejich chování bylo ovlivněno více rozdílem ve zkosené straně než v typu rohů. Slepice zřejmě také věnovaly větší pozornost relačním znakům (tedy jak se mezi sebou podněty v páru lišily) než konkrétním znakům jednotlivých podnětů. V druhé studii z roku 2001 byl zjišťován vliv konfiguračních a relačních znaků na kategorizaci. Tytéž slepice, využívané v již výše zmíněném experimentu, byly učeny rozlišovat opět ty stejné tvary, ale rozdělené do nových párů, za účelem zjištění vlivu konfiguračních a relačních znaků na kategorizaci. Konfigurační znaky jsou typické pro celou kategorii, ty relační se týkají rozdílů mezi dvěma tvary v daném páru. Tyto relační znaky spíše ovlivňují vyvolání z paměti, než aby byly přímo naučeny. Kategorizace těchto nových párů byla téměř stejná jako v posledních lekcích prvního experimentu. Výsledky tedy souhlasí s hypotézou, že hlavní vliv mělo odlišné vyvolání podnětů z paměti a kategorizace tedy byla založena na zapamatování si exemplářů.

Zajímavá je také práce, věnující se kategorizaci barev u kurů domácích (Jones, Osorio, a Baddeley 2001). V této práci byly subjekty trénovány v rozlišování čtyř barev, z nichž dvě patřily do pozitivní kategorie a dvě do negativní. V testu jim poté byla pro každou kategorii předložena barva spadající ve spektru mezi dané tréninkové barvy. Jedna možnost byla tréninkové barvy červená a žlutozelená a testová barva oranžová, druhá varianta byla v tréninku zelená a modrá, v testu poté tyrkysová. Na tomto principu byly vytvořeny ještě další dvě možnosti. Slepice reagovaly na prostřední testové barvy dokonce lépe než na barvy tréninkové a byly tedy schopny kategorizace barev. Preferenci pro prostřední barvu lze označit za efekt prototypu, kdy prostřední barva byla neznámou, ale ideální kombinací obou tréninkových.



Práci zabývající se tvorbou perceptuálních kategorií u jiných ptačích druhů než holubů je poměrně málo, proto není snadné tyto druhy ve schopnosti perceptuální kategorizace porovnat. Vrány hrubozobé se zřejmě učí rozlišovat lidské obličeje déle než holubi, nicméně ke kategorizaci využívají primárně podobné znaky. Na rozdíl od holubů však téměř nevěnují pozornost vnitřním částem obličeje. Výkon špačků a holubů v kategorizaci symetrických a asymetrických bodů je srovnatelný, ani jeden druh zřejmě žádnou z těchto kategorií nepreferuje. Schopnost kategorizace objektů byla dokázána také u kurů domácích, kteří byli schopni naučit se kategorizovat geometrické tvary a barvy.

## 5. Relační kategorie

Nejčastěji studovaným relačním konceptem je koncept stejnosti/odlišnosti (např. Zentall a Hogan 1978; Cook, Cavoto, a Cavoto 1995; Daniel, Wright, a Katz 2015). Další možnosti jsou například porovnávání objektů zda je jeden větší, menší, horší, lepší,... než druhý. Například Herrnstein et al. (1989) se ve své práci věnuje konceptu nazvaném „insideness“ (šlo o to, zda je tečka umístěna uvnitř nebo vně geometrickému tvaru).

V dalších částech této kapitoly jsem se zaměřila pouze na kategorie stejný/odlišný a to právě z toho důvodu, že tento způsob relační kategorizace nejprozkoumanější. Existuje celá řada studií na holubech i jiných ptačích druzích, využívající různé metodiky. Jednotlivé práce popisují níže.

### 5.1 Kategorizace stejný/odlišný

#### 5.1.1 Metody studia kategorizace stejný/odlišný

Ke studiu kategorizace objektů podle pravidla stejný/odlišný se využívá především dvou metod – same/different (S/D) a matching-to-sample (MTS). Metoda same/different je zaměřena na určení, zda je dva nebo více objektů stejných nebo odlišných (jeden podnět se tedy obvykle skládá z několika menších stejných či různých obrázků), při matching-to-sample má subjekt za úkol porovnávat, zda je daný objekt stejný či odlišný od předem prezentovaného vzoru (Wright et al. 1988).

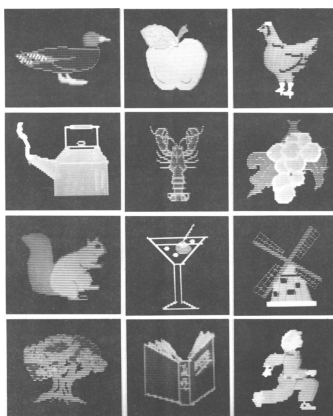
Pro ověření pochopení daného konceptu je důležité provést transferový test s využitím nových, neznámých podnětů. Pokud ptáci reagují stejně nebo lépe než při tréninku, je zřejmé že dokázali přenést naučenou zkušenost také na jiné podněty a dané pravidlo se opravdu naučili. Podle Katze, Wrighta, a Bodilyho (2007) je pro pochopení relačního konceptu zásadní splnění několika kritérií během finálního transferu na nové objekty. Tyto transferové objekty by měly být nové a ne prezentované v kombinaci s tréninkovými. Podněty v transferovém testu by se neměly opakovat a

výsledný výkon by měl být na stejné úrovni jako v tréninku. Pokud je toto dosaženo, lze říci, že se daný subjekt naučil relační koncept.

Metodu MTS využili ve svém experimentu například Zentall a Hogan (1978). V aparátu byla přítomna tři odpovědní tlačítka. Na prostřední tlačítko byl prezentován vzor, po čtyřiceti klovnutích do tohoto tlačítka se zapnula obě postranní. Na nich byly dva podněty – jeden stejný jako vzor, druhý odlišný. Jako podněty sloužily jednoduché tvary – kruh a křížek. Po dosažení nutného kritéria byly holubům prezentovány nové objekty (barvy) na objasnění transferu. Podobný byl experiment Bodilyho, Katze, a Wrighta (2008). Zde byly jako podněty použity počítačem vytvořené kreslené obrázky (viz Obrázek 10) a podněty sloužící k porovnávání se vzorem byly prezentovány ihned po klovnutí do vzorového podnětu. V transferovém testu byly opět použity nové, předtím neviděné podněty. V experimentu Daniela, Wrighta, a Katze (2015) byly holubi naopak touto metodou učeni koncept odlišnosti – tedy metoda byla nazvána non-matching-to-sample. Využity byly stejné podněty jako v předchozím experimentu (viz Obrázek 10). Porovnávané podněty byly holubům prezentovány po deseti klovnutích do vzorového podnětu, reakce na podnět od vzoru odlišný vedla k odměně, reakce na stejný k „trestu“ (zhasnutí světla na 8 s). Poté byly holubů opět prezentovány nové podněty v rámci transferového testu.

Lombardi (2008) využila také metodu MTS, nicméně podněty zde nebyly prezentovány na odpovědní tlačítko. Naopak byly vytištěny na papír a přidělaný na podložku na podlaze, jednalo se jednoduché tvary. Ve středu byl vzorový podnět, porovnávané byly umístěny po jeho stranách. Na vzorovém podnětu byla položena odměna a po klovnutí do podnětu stejného jako vzor se holubi dostali k další odměně. Reakce na odlišný podnět žádnou odměnu nepřinesla. Poté opět proběhl transferový test s novými podněty – tentokrát se jednalo o barvy.

Využití metody MTS se tedy mezi jednotlivými experimenty příliš neliší, rozdíl může být v počtu požadovaných reakcí na vzorový podnět než budou prezentovány podněty porovnávané.



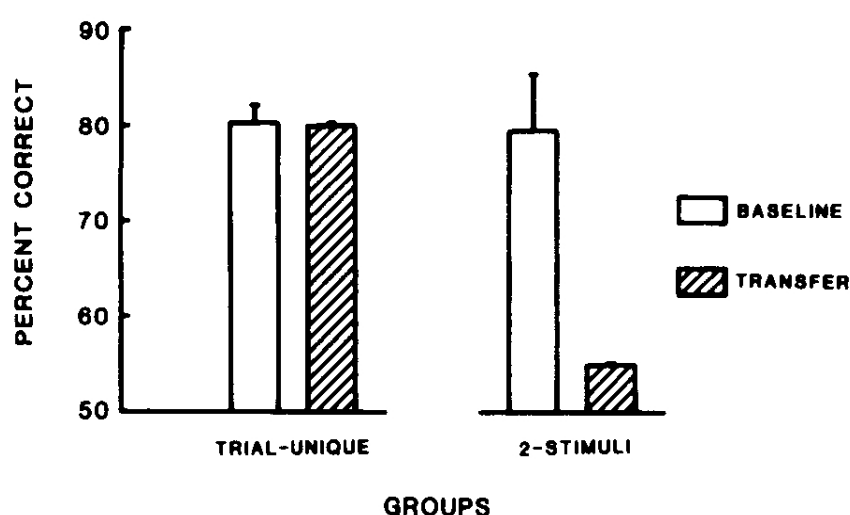
**Obrázek 10:** Příklady podnětů z experimentu využívajícího metodu MTS u holubů (převzato z Wright et. al., 1988).

Podněty jsou zpravidla prezentovány na monitoru, nicméně mohou být subjektům předkládány i v jiné podobě, například na podlaze aparátu, například vytištěné na papír. Transferový test může být proveden s podněty lišícími se ve stejném nebo jiném znaku.

Metoda S/D byla u holubů využita například v experimentech Blaisdella a Cooka (2005) nebo Katze a Wrighta (2006). V obou studiích byly podněty prezentovány na monitoru. Ve studii Blaisdella a Cooka (2005) byli holubi rozděleni do dvou skupin, jedna byla odměňována za klovení do dvojice stejných, druhá do dvojice odlišných objektů. Tyto objekty byly obyčejné, různě barevné geometrické tvary – využito bylo šest barev a šest tvarů a členové obou kategorií byly prezentovány současně. Podobnou metodu využili také Young, Wasserman, a Garner (1997), pouze s tím rozdílem, že podněty se skládaly z většího počtu prvků (2-16). Jednalo se o černobílé kresby nejrůznějších objektů. Katz a Wright (2006) využili poněkud odlišný design, stále však označovaný jako metoda S/D – holubům byl nejprve prezentován pouze jeden objekt a po určitém počtu klovnutí do něho se objevil druhý objekt spolu s bílým obdélníkem. V případě, že byly objekty stejné, bylo odměněno klovnutí do onoho druhého objektu. Pokud se lišili, měl subjekt za úkol klovat do bílého obdélníku. Jako podněty sloužily barevné fotografie různých věcí (např. jablko, budova, kočka, květina,...). Při testování schopnosti tvorby relačních kategorií pomocí metody S/D lze tedy využít různé přístupy.

### 5.1.2 Faktory ovlivňující schopnost kategorizace stejný/odlišný

Všeobecně největší vliv na naučení relačního konceptu u holubů má počet tréninkových podnětů. Při využití metody MTS se toto ukázalo už v experimentu Wrighta et al. (1988). Skupina

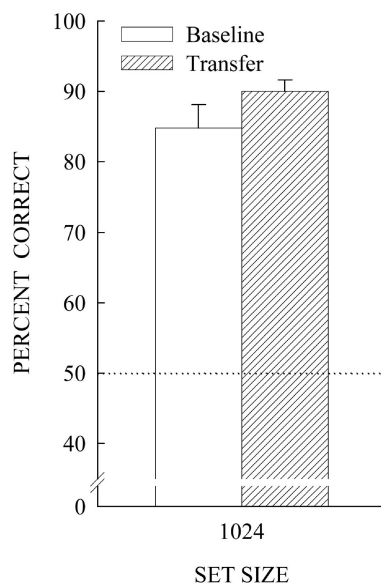


**Obrázek 11:** Graf znázorňující výsledky experimentu Wrighta et al. (1988). Levý graf ukazuje výkon skupiny trénované s velkým počtem podnětů, pravý skupinu trénovanou pouze se dvojicí obrázků. Bílé sloupce se týkají tréninku, šrafované transferového testu. Na ose y je znázorněno procento správných odpovědí (převzato z Wright et al., 1988).

holubů, která byla trénována s použitím 152 různých obrázků předvedla transfer s 80% správných reakcí. Druhá, pro kterou byly v tréninku použity podněty pouze dva, transfer nezvládla (viz Obrázek 11). V řadě dalších prací, využívajících metodu MTS se výkon při rozšíření sady podnětů také zlepšil (např. Bodily, Katz, a Wright 2008; Daniel, Wright, a Katz 2015). V obou těchto pracích trénovali holuby nejdříve pouze se třemi podněty a poté tréninkovou sadu postupně zvyšovali až na 768 podnětů. Vždy po dosažení daného kritéria (více než 85% správných reakcí ve dvou následujících lekcích) proběh opět transferový test s novými podněty. Zatímco při použití pouze tří podnětů byla úspěšnost při transferu okolo 50%, při 768 podnětech to přesáhla 80%. Holubi tedy lépe pochopili relační koncept při použití velkého množství tréninkových podnětů. Při malém počtu podnětů se zřejmě zaměřují na konkrétní znaky těchto podnětů a pamatují si reakci na jednotlivé objekty samostatně, až při větším počtu jsou schopni pochopit pravidlo, které podněty odlišuje.

Ve výše zmíněné práci Lombardi (2008), kde byly podněty holubům předkládány ve vytištěné podobě a přidělané na podložku, byly pomocí metody MTS testovány dvě různé podmínky. Podle jedné byly objekty těsně u sebe, podle druhé byly od sebe odděleny cca 1 cm velkou mezerou. Při první podmínce holubi transfer nezvládli, při druhé již ano, zřejmě při těsném spojení objektů je subjekty považovali pouze za jeden. Tato studie navíc dokazuje, že holubi jsou schopni toto pravidlo přenést na různé vlastnosti – subjekty byly schopny transferu barvy na tvar.

Vliv počtu podnětů u metody S/D ukazuje práce Nakamury et al. (2009). Zde je porovnáván výkon holubů trénovaných s 32 podněty s holuby trénovanými pouze s osmi (ze studie Katze a Wrighta, 2006). Jako podněty zde sloužily nejrozumnější barevné fotografie. Ti, kteří měli menší tréninkovou sadu, byly po transferu znovu trénovány se stejně velkou sadou, jako druhá skupina. Úspěšnost transferu skupiny s 32 podněty byla o 14% lepší než u druhé skupiny po tréninku s větší sadou. Prvotní trénink s pouze osmi podněty tedy zřejmě ovlivnil jejich výkon. Možných důvodů je několik – holubi se možná naučili odpovídat přesně na konkrétní páry nebo je možné, že trénink s malou sadou omezil jejich schopnost tuto sadu rozšířit. V dalších částech experimentu byli naivní holubi trénováni s ještě více podněty. Výsledky opět potvrzují vliv velikosti tréninkové sady – výkon při transferu u holubů trénovaných s 64 podněty se téměř rovnal tomu při tréninku a při použití 1024 obrázků dokonce výkon při tréninku přesáhl (viz Obrázek 12). To souhlasí s výsledkem předchozí studie Wassermana, Hugarta, a Kirkpatrick-Stegera (1995). Zde byli holubi nejprve trénováni s použitím pouze 16 podnětů, přesnost při transferovém testu s novými podněty pak byla pouze okolo 50%. Při zvýšení počtu podnětů na 32 se zvedla úspěšnost při následném transferu na 71%. Jako podněty zde sloužily sady sestávající z 16 malých kreseb nejrozumnějších předmětů.



**Obrázek 12:** Graf znázorňující výkon holubů trénovaných metodou S/D při využití 1024 podnětů. Bílý sloupeček se týká tréninku, šrafovaný testu (převzato z Nakamura et. al., 2009).

Výkon při kategorizaci neovlivňuje pouze počet členů kategorie, ale – v případě využití metody S/D – také počet stejných či odlišných prvků, tvořících daný podnět. Přestože v některých pracích byl tento koncept dokázán i s využitím pouze dvojic prvků (Cook, Kelly, a Katz 2003; Blaisdell a Cook 2005), práce Younga, Wassermana, a Garnera (1997) ukazuje zlepšení výkonu při prezentaci větších skupin objektů. Holubi byli postupně trénováni s podněty skládajícími se z 2 – 16 prvků. Průměrná úspěšnost po osmi dnech tréninku se zlepšovala od 51% v případě pouze dvou objektů v rámci podnětu po 70% v případě 16. Tento faktor však usnadnil pouze rozlišení odlišných objektů, na ty stejné žádný vliv neměl. Zatímco u podnětů skládajících se ze stejných obrázků se mezi jednotlivými velikostmi nelišila pravděpodobnost reakce jako na kategorii „odlišný“, u podnětů tvořených různými obrázky reagovali holubi hůře v přítomnosti dvou nebo čtyř obrázků.

Cook, Katz, a Cavoto (1997) se věnovali metodě S/D u holubů s využitím čtyř různých typů podnětů. Jednotlivé podněty se skládaly buď z obrázků konkrétních věcí nebo z jednoduchých geometrických tvarů, kdy se u odlišných podnětů lišil jeden z těchto obrázků vůči ostatním, nebo byly tvořeny menšími objekty, v kategorii odlišný pak obsahovaly oblast tvořenou jinými objekty (lišícími se v barvě či tvaru). Ukázalo se, že typ podnětů na výkon holubů vliv nemá – diskriminace všech typů byla naučena na podobné úrovni a holubi zvládli pozitivní transfer na všechny typy.

Hlavním faktorem, který ovlivňuje výkon holubů při využití obou metod testujících schopnost tvorby relačních kategorií (MTS i S/D) je počet tréninkových podnětů. U obou těchto metod dochází k výraznému zlepšení výkonu při použití většího počtu podnětů. Konkrétní typ podnětů výkon zásadně neovlivňuje, ale u metody MTS má zřejmě vliv také konkrétní umístění

podnětů při jejich prezentaci – v případě jejich těsného spojení je holubi považují za jeden objekt a nejsou schopni rozlišit vzor od porovnávaných podnětů. Naopak při využití metody S/D má také vliv počet prvků v rámci podnětu. Holubi jsou sice schopni tento úkol zvládnout i při použití pouze dvojic objektů, ale větší sady jejich výkon zlepšují.

## 5.2 Mezitaxonové srovnání

Na rozdíl od perceptuálních kategorií, je schopnost relační kategorizace často studována také u jiných ptačích druhů. Například Wilson, Mackintosh, a Boakes (1985) porovnávají různé druhy krkavcovitých pěvců s holuby ve schopnosti kategorizace stejný/odlišný. Studie sestávala ze tří experimentů, s holuby byly postupně porovnávány tři druhy krkavcovitých – kavky obecné (*Corvus monedula*), sojky obecné (*Garrulus glandarius*) a havrani polní (*Corvus frugilegus*). Pro každý experiment byla využita trochu odlišná metodika.

Pro první dva experimenty byla využita metoda MTS a použit byl stejný aparát se třemi odpovědními tlačítky, na které byly prezentovány podněty. V prvním experimentu byly porovnávány kavky s holuby, s využitím barev jakožto podnětů. Polovina ptáků od každého druhu byla odměňována za reakce na podnět stejný jako vzor („matching“), polovina byla trénována na podmíněnou diskriminaci – barva na centrálním tlačítku byla asociována s barvou na postranním tlačítku a tak udávala, do kterého tlačítka má pták klovnout. V tréninku se vedli lépe holubi, kterým stačilo okolo 15 tréninkových lekcí, kavky jich vyžadovaly více. U obou druhů se úkol rychleji naučili ptáci trénovaní na „matching“. V následujícím transferovém testu holubi reagovali s menší úspěšností (pouze okolo 50%), ale nebyl pozorován žádný rozdíl mezi tréninkovými skupinami. Kavky si při transferu vedly o něco lépe (okolo 60%), přičemž lepší výkon předvedli ty trénované na „matching“.

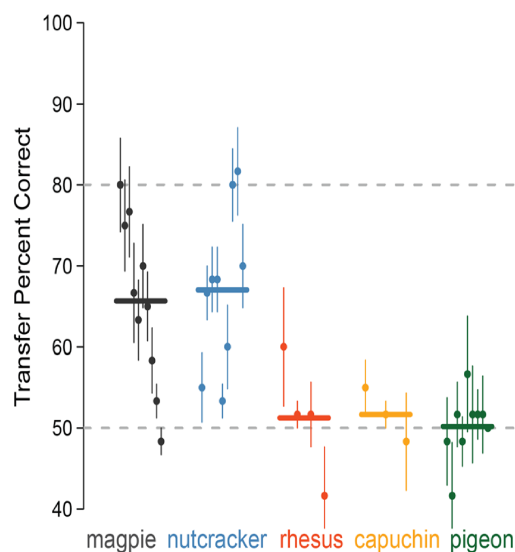
V druhém experimentu byli holubi porovnáváni se sojkami. V tréninku byli ptáci odměňováni buď za „matching“ nebo za „oddity“ (výběr podnětu odlišného od vzoru), v testu byly poté odměňovány za stejné nebo opačné pravidlo než v tréninku. V tréninku jako podněty opět sloužily barvy, v testu se jednalo o horizontální a vertikální čáry. Trénink měl tři fáze podle využití kombinace podnětů, přičemž v první fázi nebyl pozorován žádný signifikantní rozdíl mezi jednotlivými druhy, mezi tréninkovými skupinami si o něco lépe vedli ptáci trénovaní na „oddity“. V poslední fázi už si vedly sojky signifikantně lépe než holubi. V transferovém testu byli opět horší holubi – jejich úspěšnost byla pouze kolem 50% bez ohledu na to, zda bylo testováno stejné pravidlo, jaké bylo využito v tréninku, nebo opačné (tedy zda byly ptáci trénovaní na „matching“ testováni na

„matching“ nebo „oddity“ a naopak). Naopak sojky testované s využitím stejného pravidla jako v tréninku předvedly výborný transfer (úspěšnost byla okolo 70%). Sojky testované na opačné pravidlo než bylo to trénované transfer nepředvedly.

V třetím experimentu byl porovnáván výkon havranů a holubů pomocí metody S/D. Ptákům byly prezentovány podněty (opět barvy) po dvojicích, v případě že byly barvy stejné, byla pro polovinu ptáků vyžadována reakce na podnět vlevo, pokud byly odlišné tak na podnět vpravo, pro druhou polovinu to bylo naopak. V testu poté byla pro polovinu ptáků vyžadována odlišná reakce než při tréninku. V tréninku byly nejdříve stejné a odlišné dvojice prezentovány náhodně za sebou, ale jelikož žádný z ptáků po 25 lekcích nedosáhl ani 60% úspěšnosti, byl trénink pozměněn a v rámci jedné lekce byly vždy prezentovány podněty jednoho typu. Po šesti takových lekcích si vedli lépe havrani, nicméně v posledních dvou lekcích byly opět podněty namíchány náhodně a zde už se holubi učili rychleji a k dosažení nutného kritéria jim stačila polovina lekcí než havranům. V transferovém testu nicméně holubi opět selhali, naopak výkon havranů testovaných s využitím stejného pravidla jako v tréninku byl okolo 70%. U ptáků testovaných s opačným pravidlem než v tréninku transfer pozorován nebyl.

Všeobecně lépe si tedy vedli všichni krkavcovití, holubi ani v jednom z experimentů nepředvedli žádný signifikantní transfer. Neschopnost holubů převést naučenou schopnost na nové podněty byla zřejmě dána využitím malého počtu tréninkových podnětů. Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, počet tréninkových podnětů je klíčovým faktorem ovlivňujícím pochopení relačního konceptu u holubů. Krkavcovitým ptákům naopak zřejmě stačí jen málo podnětů aby daný koncept pochopili.

Právě postačující nižší počet podnětů v tréninku u krkavcovitých dokazují také další experimenty. Výsledky prací Magnottiho et al. (2015) a Wrighta et al. (2016) ukazují, že ořešníkům americkým (*Nucifraga columbiana*) pro plný transfer konceptu stejný/odlišný stačilo pouze osm tréninkových podnětů, tvořících 8 párů tvořených stejnými a 56 párů tvořených odlišnými objekty. Použita byla stejná metoda S/D jako použili Katz a Wright (2006) u holubů – tedy v případě že byly oba objekty stejné, bylo vyžadováno klovnutí do jednoho z těchto objektů, pokud se lišily, měl subjekt klovnout do současně prezentovaného bílého obdélníků. Holubi se však na stejnou úroveň úspěšnosti při transferu jako ořešníci dostali až s minimálně čtyřnásobným počtem podnětů v tréninku. Stejný design byl poté použit ještě u strak amerických (*Pica hudsonia*) (Magnotti et al. 2017). Stejně jako ořešníci, i straky dokázaly transfer i za použití pouze malého počtu podnětů. Při porovnání s ostatními druhy trénovanými tímto designem (holubi a dva druhy primátů – makakové



**Obrázek 13:** Graf porovnávající výkon různých druhů při použití stejného schématu metody S/D. Černě jsou znázorněny straky, modře ořešníci, červeně makakové rhesusové, žlutá barva se týká malp kapucínských a zelená barva holubů. Na ose y je znázorněno procento úspěšnosti při transferu (převzato z Magnotti et al., 2017).

rhesusové a malpy kapucínské) krkavcovití dopadli o poznání lépe (viz Obrázek 13). Zatímco úspěšnost obou druhů primátů i holubů při transferu za použití pouze osmi tréninkových podnětů byla okolo 50%, u obou krkavcovitých to bylo v průměru 67%, u některých jedinců až 80%.

Dalším často studovaným ptačím druhem je papoušek šedý (*Psittacus erithacus*). V jedné z nejznámějších studií, zabývajících se relačním konceptem, byl tento druh naučen rozlišit, v čem se dva předložené objekty liší a v čem se shodují (Pepperberg 1987). Jako subjekt posloužil papoušek šedý Alex, který byl již dříve naučen akusticky označovat pět různých barev, čtyři různé materiály a řadu rozličných tvarů. Alexovi byly pokládány otázky „Co je stejné?“ a „Co je odlišné?“ a on byl nejen schopen se na ně naučit odpovídat u objektů jemu známých, ale také předvedl plný transfer na objekty zcela nové. Z výsledků tedy odpovídá, že minimálně tento konkrétní subjekt chápe koncept stejný/odlišný.

Tento druh byl také trénován s využitím metody MTS (Suková, Uchytlová, a Lindová 2013). V tréninku byly využity tři typy podnětů - barvy (černá a bílá), tvar (arabské číslice 1 a 2) a počet (podněty sestávající z jednoho nebo dvou elementů lišících se v tvaru a barvě). V testu poté nebyly využity barvy, ostatní podněty ano. Podněty byly vytištěny na papír a přidělaný na kelímky, vzorový podnět se nacházel ve stejné vzdálenosti od obou porovnávaných. Podněty byly subjektu nejprve ukázány, tak aby na ně nemohl nijak reagovat, po 2-3 s měl možnost vybrat správnou odpověď. Odměna byla umístěna v kelímku zakrytém podnětem stejným jako vzor. Po tréninku byly subjektu předloženy nové objekty pro objasnění transferu. Trénink s pouze osmi podněty stačil, aby papoušci předvedli signifikantní transfer na nové objekty (s úspěšností 70 – 99% v přítomnosti



nových podnětů) a tedy se naučili tento koncept. Jejich výkon je tedy srovnatelný s krkavcovitými ptáky, kterým pro plné pochopení konceptu stačí méně tréninkových podnětů, naopak holubi se tento úkol učí hůře než papoušci i krkavcovití.

Kategorizace objektů podle stejnosti a odlišnosti byla kromě holubů často studována také u dalších ptačích druhů. Komparativní studie porovnávající výkon krkavcovitých a holubů jednoznačně ukazují na lepší výkon různých druhů krkavcovitých ptáků nejen oproti holubům, ale i některým primátům. Lépe než holubi se tento úkol učí také papoušci šedí.

## 6. Závěr

Cílem mojí práce bylo porovnat studie zabývající se řešením kategorizačních problémů u ptáků se zaměřením na perceptuální a relační kategorie. Většina těchto studií využívá jako subjekty holuby, proto se ve své práci zaměřuji také na ně, nicméně v obou typech kategorizace jsem porovnávala i další ptačí druhy.

Nejčastěji využívaným a nejstudovanějším mechanismem tvorby perceptuálních kategorií je pomocí společného znaku/souboru znaků. Hlavním problémem studia tohoto mechanismu je určit, který konkrétní znak je pro danou kategorii relevantní. To lze studovat pomocí nejrozličnějších modifikací podnětů – odstranění znaku, zpřeházení jednotlivých částí, rozmazání či převedení do černobílé. Z experimentů na toto zaměřených vychází, že například barva je pro holuby velmi důležitá a že primárně se zaměřují spíše na lokální, detailní znaky podnětu, než na globální – například velikost nebo jas.

Schopnost kategorizace založené na zapamatování si exemplářů nebývá u holubů příliš často studována. Přestože je tento druh schopen zapamatovat si velké množství nejrozličnějších podnětů, z nejrozličnějších experimentů vychází, že holubi přesto dávají přednost využívání společných znaků a exempláře využívají spíše druhotně. Kategorizace pomocí prototypu byla u holubů v řadě experimentů dokázána a při správné struktuře kategorií jsou tedy schopni využívat i tento mechanismus.

Využívání daného mechanismu závisí na řadě faktorů. U prototypu je to, jak jsem již zmínila, především struktura kategorie. Kategorie by měla být velká, polymorfní, jednotliví členové by měli být odvozeni od společného vzoru. Pro rozlišení mezi využitím znaků a exemplářů hraje roli velikost trénované kategorie a podobnost mezi jejími členy. Čím více podnětů a čím větší podobnost, tím spíše se budou holubi zaměřovat na získání informace společné pro všechny členy dané kategorie. Přestože holubi exempláře využívají spíše sekundárně, jsou schopni mezi tímto mechanismem a využíváním znaků také přepínat podle potřeby daného experimentu.

Kategorizace může být ovlivněna také typem využívaných podnětů. Holubi jsou citlivější k trojrozměrným objektům než k obrázkům. Při využití lineárních kreseb věnují pozornost spíše jednotlivým částem, nezávisle na sobě. U komplexních barevných fotografií je však důležité také prostorové uspořádání a vztahy mezi jednotlivými znaky. Při studiu perceptuální kategorizace u holubů bývají využívány různé kategorie (např. auta, květiny, lidí, stromy,...). Holubi kategorizují všechny objekty s podobnou úspěšností, o něco lépe zvládají objekty přirozené.

Přestože holubi jsou jakožto ptačí druh nejvyužívanější na studium perceptuální kategorizace, byla tato schopnost dokázána i u dalších druhů. Řada studií byla dělána například na vranách hrubozobých (*Corvus macrorhynchos*) či kurech domácích (*Gallus gallus f. domestica*). Při porovnání s holubou se ukázalo, že tyto druhy řeší kategorizační úkoly podobně.

Také schopnost tvorby relačního konceptu u holubů byla dokázána. Ke studiu tohoto typu kategorizace slouží dvě různé metody – metoda matching-to-sample a metoda same/different. Obě byly na holubech s úspěchem využity.

Hlavním faktorem ovlivňujícím tvorbu relačního konceptu je velikost tréninkové sady podnětů. Čím je tato sada větší, tím je transfer na nové podněty úspěšnější. Tento trend se však objevuje pouze u holubů. Například u krkavcovitých ptáků byl pozitivní transfer prokázán i s mnohem menší sadou a je tedy zřejmé, že tito ptáci ovládají tuto schopnost mnohem lépe.

Závěrem lze říci, že holubi dokáží bez problémů kategorizovat nejrozličnější podněty pomocí různých mechanismů, některé snáze a některé hůře. V perceptuální kategorizaci si vedou velmi dobře, naopak ve tvorbě relačních kategorií je výrazně předstihují krkavcovití ptáci. Do budoucna by mi bylo zajímavé, udělat více studií týkajících se tvorby perceptuálních kategorií u krkavcovitých a porovnat tyto druhy s holubou i v tomto typu kategorizace.

## 7. Seznam literatury

- Astley, Suzette L., a Edward A. Wasserman. 1992. „Categorical Discrimination and Generalization in Pigeons: All Negative Stimuli Are Not Created Equal". *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 18 (2): 193–207. doi:10.1037/0097-7403.18.2.193.
- Astley, Suzette L., a Edward A. Wasserman. 1998. „Novelty and Functional Equivalence in Superordinate Categorization by Pigeons". *Animal Learning & Behavior* 26 (2): 125–38. doi:10.3758/BF03199206.
- Aust, Ulrike, a Elisabeth Braunöder. 2015. „Transfer between Local and Global Processing Levels by Pigeons (*Columba Livia*) and Humans (*Homo Sapiens*) in Exemplar- and Rule-Based Categorization Tasks". *Journal of Comparative Psychology (Washington, D.C.: 1983)* 129 (1): 1–16. doi:10.1037/a0037691.
- Aust, Ulrike, a Ludwig Huber. 2001. „The Role of Item- and Category-Specific Information in the Discrimination of People versus Nonpeople Images by Pigeons". *Animal Learning & Behavior* 29 (2): 107–19. doi:10.3758/BF03192820.
- Aust, Ulrike, a Ludwig Huber. 2003. „Elemental versus Configural Perception in a People-Present/People-Absent Discrimination Task by Pigeons". *Animal Learning & Behavior* 31 (3): 213–24.

doi:10.3758/BF03195984.

- Aust, Ulrike, a Ludwig Huber. 2006. „Picture-Object Recognition in Pigeons: Evidence of Representational Insight in a Visual Categorization Task Using a Complementary Information Procedure". *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 32 (2): 190–95. doi:10.1037/0097-7403.32.2.190.
- Aust, Ulrike, a Ludwig Huber. 2010. „The role of skin-related information in pigeons' categorization and recognition of humans in pictures". *Vision Research* 50 (19): 1941–48. doi:10.1016/j.visres.2010.07.012.
- Aydin, Aydan, a John M. Pearce. 1994. „Prototype Effects in Categorization by Pigeons". *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 20 (3): 264–77. doi:10.1037/0097-7403.20.3.264.
- Bhatt, R. S., a E. A. Wasserman. 1989. „Secondary Generalization and Categorization in Pigeons". *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* 52 (3): 213–24. doi:10.1901/jeab.1989.52-213.
- Bhatt, R. S., E. A. Wasserman, W. F. Reynolds, a K. S. Knauss. 1988. „Conceptual Behavior in Pigeons: Categorization of Both Familiar and Novel Examples from Four Classes of Natural and Artificial Stimuli". *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 14 (3): 219–34. doi:10.1037/0097-7403.14.3.219.
- Blaisdell, Aaron P., a Robert G. Cook. 2005. „Two-Itemsame-Different Concept Learning in Pigeons". *Animal Learning & Behavior* 33 (1): 67–77. doi:10.3758/BF03196051.
- Bodily, Kent D., Jeffrey S. Katz, a Anthony A. Wright. 2008. „Matching-to-Sample Abstract-Concept Learning by Pigeons". *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 34 (1): 178–84. doi:10.1037/0097-7403.34.1.178.
- Bogale, Bezawork Afework, Masato Aoyama, a Shoei Sugita. 2011. „Categorical learning between ‘male’ and ‘female’ photographic human faces in jungle crows (*Corvus macrorhynchos*)". *Behavioural Processes* 86 (1): 109–18. doi:10.1016/j.beproc.2010.10.002.
- Bogale, Bezawork Afework, a Shoei Sugita. 2014. „Shape Discrimination and Concept Formation in the Jungle Crow (*Corvus Macrorhynchos*)". *Animal Cognition* 17 (1): 105–11. doi:10.1007/s10071-013-0642-y.
- Cabe, Patrick A. 1976. „Transfer of Discrimination from Solid Objects to Pictures by Pigeons: A Test of Theoretical Models of Pictorial Perception". *Perception & Psychophysics* 19 (6): 545–50. doi:10.3758/BF03211224.
- Cerella, John. 1979. „Visual Classes and Natural Categories in the Pigeon". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 5 (1): 68–77. doi:10.1037/0096-1523.5.1.68.
- Cerella, John. 1980. „The pigeon's analysis of pictures". *Pattern Recognition* 12 (1): 1–6. doi:10.1016/0031-3203(80)90048-5.
- Cook, Robert G., Kimberley K. Cavoto, a Brian R. Cavoto. 1995. „Same-Different Texture Discrimination and Concept Learning by Pigeons". *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 21 (3): 253–60. doi:10.1037/0097-7403.21.3.253.
- Cook, Robert G., Jeffrey S. Katz, a Brian R. Cavoto. 1997. „Pigeon Same-different Concept Learning with Multiple Stimulus Classes". *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 23 (4): 417–33. doi:10.1037/0097-7403.23.4.417.
- Cook, Robert G., Debbie M. Kelly, a Jeffrey S. Katz. 2003. „Successive two-item same-different discrimination and concept learning by pigeons". *Behavioural Processes, Theories in Progress: Proceedings of the Meeting of the Society for the Quantitative Analyses of Behaviour*, 62 (1–3): 125–44. doi:10.1016/S0376-6357(03)00022-6.
- Cook, Robert G., Deborah G. Levison, Sarah R. Gillett, a Aaron P. Blaisdell. 2005. „Capacity and Limits of Associative Memory in Pigeons". *Psychonomic Bulletin & Review* 12 (2): 350–58. doi:10.3758/BF03196384.
- Cook, Robert G., a J. David Smith. 2006. „Stages of Abstraction and Exemplar Memorization in Pigeon Category Learning". *Psychological Science* 17 (12): 1059–67. doi:10.1111/j.1467-9280.2006.01833.x.
- Cook, Robert G., Anthony A. Wright, a Eric E. Drachman. 2013. „Categorization of birds, mammals, and chimeras by pigeons". *Behavioural Processes, Functional Relationships: A Tribute to the Contributions of Anthony A. Wright*, 93: 98–110. doi:10.1016/j.beproc.2012.11.006.
- Daniel, Thomas A., Anthony A. Wright, a Jeffrey S. Katz. 2015. „Abstract-Concept Learning of Difference in Pigeons". *Animal Cognition* 18 (4): 831–37. doi:10.1007/s10071-015-0849-1.
- Delius, Juan D. 1992. „Categorical Discrimination of Objects and Pictures by Pigeons". *Animal Learning & Behavior* 20 (3): 301–11. doi:10.3758/BF03213385.
- Delius, Juan D., a Gabriele Habers. 1978. „Symmetry: Can pigeons conceptualize it?" *Behavioral Biology* 22 (3): 336–42. doi:10.1016/S0091-6773(78)92411-2.

- Ghosh, Natasha, Stephen E. G. Lea, a Malia Noury. 2004. „Transfer to Intermediate Forms Following Concept Discrimination by Pigeons: Chimeras and Morphs". *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* 82 (2): 125–41. doi:10.1901/jeab.2004.82-125.
- Gibson, Brett M., Edward A. Wasserman, Frédéric Gosselin, a Philippe G. Schyns. 2005. „Applying Bubbles to Localize Features That Control Pigeons' Visual Discrimination Behavior". *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 31 (3): 376–82. doi:10.1037/0097-7403.31.3.376.
- Goto, Kazuhiro, A. J. Wills, a Stephen E. G. Lea. 2004. „Global-Feature Classification Can Be Acquired More Rapidly than Local-Feature Classification in Both Humans and Pigeons". *Animal Cognition* 7 (2): 109–13. doi:10.1007/s10071-003-0193-8.
- Herrnstein, R. J., Donald H. Loveland, a Cynthia Cable. 1976. „Natural Concepts in Pigeons". *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 2 (4): 285–302. doi:10.1037/0097-7403.2.4.285.
- Herrnstein, R. J., a D. I. Perrett. 1985. „Riddles of Natural Categorization [and Discussion]". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 308 (1135): 129–44. doi:10.1098/rstb.1985.0015.
- Herrnstein, R. J., W. Vaughan, D. B. Mumford, a S. M. Kosslyn. 1989. „Teaching Pigeons an Abstract Relational Rule: Insideness". *Perception & Psychophysics* 46 (1): 56–64. doi:10.3758/BF03208074.
- Huber, Ludwig. 1996. „Categorization of Prototypical Stimulus Classes by Pigeons". *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section B* 49 (2): 111–33. doi:10.1080/713932621.
- Huber, Ludwig. 2001. „Visual Categorization in Pigeons". *Avian Visual Cognition*. <http://www.pigeon.psy.tufts.edu/avc/huber/default.htm>.
- Huber, Ludwig, a Ulrike Aust. 2006. „A Modified Feature Theory as an Account to Pigeon Visual Categorization". In *Comparative Cognition: Experimental Explorations of Animal Intelligence*. Oxford University Press.
- Huber, Ludwig, a Renate Lenz. 1993. „A test of the linear feature model of polymorphous concept discrimination with pigeons". *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section B* 46 (1): 1–18. doi:10.1080/14640749308401092.
- Jitsumori, Masako. 1993. „Category Discrimination of Artificial Polymorphous Stimuli Based on Feature Learning". *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 19 (3): 244–54. doi:10.1037/0097-7403.19.3.244.
- Jitsumori, Masako. 1996. „A Prototype Effect and Categorization of Artificial Polymorphous Stimuli in Pigeons". *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 22 (4): 405–19. doi:10.1037/0097-7403.22.4.405.
- Jitsumori, Masako, Midori Ohkita, a Tomokazu Ushitani. 2011. „The Learning of Basic-Level Categories by Pigeons: The Prototype Effect, Attention, and Effects of Categorization". *Learning & Behavior* 39 (3): 271. doi:10.3758/s13420-011-0028-4.
- Jones, C. D., D. Osorio, a R. J. Baddeley. 2001. „Colour Categorization by Domestic Chicks". *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 268 (1481): 2077–84. doi:10.1098/rspb.2001.1734.
- Katz, Jeffrey S., a Anthony A. Wright. 2006. „Same/Different Abstract-Concept Learning by Pigeons". *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 32 (1): 80–86. doi:10.1037/0097-7403.32.1.80.
- Katz, Jeffrey S, Anthony A Wright, a Kent D Bodily. 2007. „Issues in the Comparative Cognition of Abstract-Concept Learning". *Comparative cognition & behavior reviews* 2 (leden): 79–92. doi:10.3819/ccbr.2008.20005.
- Kirkpatrick-Steger, Kim, Edward A. Wasserman, a Irving Biederman. 1996. „Effects of Spatial Rearrangement of Object Components on Picture Recognition in Pigeons". *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* 65 (2): 465–75. doi:10.1901/jeab.1996.65-465.
- Lazareva, Olga F., Kate L. Freiburger, a Edward A. Wasserman. 2004. „Pigeons Concurrently Categorize Photographs at Both Basic and Superordinate Levels". *Psychonomic Bulletin & Review* 11 (6): 1111–17. doi:10.3758/BF03196745.
- Lazareva, Olga F., Kate L. Freiburger, a Edward A. Wasserman. 2006. „Effects of stimulus manipulations on visual categorization in pigeons". *Behavioural Processes*, Proceedings of the Meeting of the Society for the Quantitative Analyses of Behavior SQAB 2005, 72 (3): 224–33. doi:10.1016/j.beproc.2006.03.004.
- Lea, S. E. G., a S. N. Harrison. 1978. „Discrimination of polymorphous stimulus sets by pigeons". *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 30 (3): 521–37. doi:10.1080/00335557843000106.
- Lea, Stephen E. G., a Catriona M. E. Ryan. 1990. „Unnatural concepts and the theory of concept discrimination in birds". In *Behavioral approaches to pattern recognition and concept formation*, editoval M. L. Commons, R. J. Herrnstein, S. M. Kosslyn, a D. B. Mumford, 165–85. Quantitative analyses of behavior, Vol. 8.

- Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Loidolt, Michaela, Ulrike Aust, Isabel Meran, a Ludwig Huber. 2003. „Pigeons Use Item-Specific and Category-Level Information in the Identification and Categorization of Human Faces". *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 29 (4): 261–76. doi:10.1037/0097-7403.29.4.261.
- Lombardi, Celia M. 2008. „Matching and Oddity Relational Learning by Pigeons (Columba Livia): Transfer from Color to Shape". *Animal Cognition* 11 (1): 67–74. doi:10.1007/s10071-007-0087-2.
- Lubow, Robert E. 1974. „High-Order Concept Formation in the Pigeon1". *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* 21 (3): 475–83. doi:10.1901/jeab.1974.21-475.
- Lumsden, Ernest A. 1977. „Generalization of an Operant Response to Photographs and Drawings/Silhouettes of a Three-Dimensional Object at Various Orientations". *Bulletin of the Psychonomic Society* 10 (5): 405–7. doi:10.3758/BF03329374.
- Magnotti, John F., Jeffrey S. Katz, Anthony A. Wright, a Debbie M. Kelly. 2015. „Superior Abstract-Concept Learning by Clark's Nutcrackers (Nucifraga Columbiana)". *Biology Letters* 11 (5): 20150148. doi:10.1098/rsbl.2015.0148.
- Magnotti, John F., Anthony A. Wright, Kevin Leonard, Jeffrey S. Katz, a Debbie M. Kelly. 2017. „Abstract-Concept Learning in Black-Billed Magpies (Pica Hudsonia)". *Psychonomic Bulletin & Review* 24 (2): 431–35. doi:10.3758/s13423-016-1132-4.
- Margolis, Eric, a Stephen Laurence. 1999. „Concepts and Cognitive Science". In *Concepts: Core Readings*, editoval Eric Margolis a Stephen Laurence. MIT Press.
- Matsukawa, Atsuko, Sana Inoue, a Masako Jitsumori. 2004. „Pigeon's recognition of cartoons: effects of fragmentation, scrambling, and deletion of elements". *Behavioural Processes* 65 (1): 25–34. doi:10.1016/S0376-6357(03)00147-5.
- Nakamura, Tamo, Anthony A. Wright, Jeffrey S. Katz, Kent D. Bodily, a Bradley R. Sturz. 2009. „Abstract-Concept Learning Carryover Effects from the Initial Training Set in Pigeons (Columba Livia)". *Journal of Comparative Psychology* 123 (1): 79–89. doi:10.1037/a0013126.
- O'Hara, Mark, Ludwig Huber, a Gyula Kopanny Gajdon. 2015. „The advantage of objects over images in discrimination and reversal learning by kea, Nestor notabilis". *Animal Behaviour* 101 (březen): 51–60. doi:10.1016/j.anbehav.2014.12.022.
- Pearce, John M. 1989. „The acquisition of an artificial category by pigeons". *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section B* 41 (4): 381–406. doi:10.1080/14640748908401203.
- Pearce, John M. 1994. „CHAPTER 5 - Discrimination and Categorization". In *Animal Learning and Cognition*, editoval N. J. Mackintosh, 109–34. Handbook of Perception and Cognition. San Diego: Academic Press. doi:10.1016/B978-0-08-057169-0.50011-5.
- Pearce, John M. 2013. *Animal Learning and Cognition, 3rd Edition: An Introduction*. Psychology Press.
- Pepperberg, Irene M. 1987. „Acquisition of the Same/Different Concept by an African Grey Parrot (Psittacus Erithacus): Learning with Respect to Categories of Color, Shape, and Material". *Animal Learning & Behavior* 15 (4): 423–32. doi:10.3758/BF03205051.
- Real, Pamela G., Ruth Iannazzi, Alan C. Kamil, a Bernd Heinrich. 1984. „Discrimination and Generalization of Leaf Damage by Blue Jays (Cyanocitta Cristata)". *Animal Learning & Behavior* 12 (2): 202–8. doi:10.3758/BF03213143.
- Shettleworth, Sara J. 2009. *Cognition, Evolution, and Behavior*. Oxford University Press.
- Smith, J. David, F. Gregory Ashby, Mark E. Berg, Matthew S. Murphy, Brian Spiering, Robert G. Cook, a Randolph C. Grace. 2011. „Pigeons' Categorization May Be Exclusively Nonanalytic". *Psychonomic Bulletin & Review* 18 (2): 414–21. doi:10.3758/s13423-010-0047-8.
- Smith, J. David, Mark E. Berg, Robert G. Cook, Matthew S. Murphy, Matthew J. Crossley, Joseph Boomer, Brian Spiering, et al. 2012. „Implicit and explicit categorization: A tale of four species". *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 36 (10): 2355–69. doi:10.1016/j.neubiorev.2012.09.003.
- Suková, Karolína, Michaela Uchytilová, a Jitka Lindová. 2013. „Abstract concept formation in African grey parrots (Psittacus erithacus) on the basis of a low number of cues". *Behavioural Processes* 96: 36–41. doi:10.1016/j.beproc.2013.02.008.
- Swaddle, John P., Stephen Pruett-Jones, Editor: Joseph B. Travis, a Associate Editor: John A. Byers. 2001. „Starlings Can Categorize Symmetry Differences in Dot Displays". *The American Naturalist* 158 (3): 300–307. doi:10.1086/321323.
- Troje, Nikolaus F, Ludwig Huber, Michaela Loidolt, Ulrike Aust, a Martin Fieder. 1999. „Categorical learning in pigeons: the role of texture and shape in complex static stimuli". *Vision Research* 39 (2): 353–66.

doi:10.1016/S0042-6989(98)00153-9.

- Urcuioli, Peter J. 2001. „Acquired Equivalence". *Avian Visual Cognition*. <http://www.pigeon.psy.tufts.edu/avc/urcuioli/default.htm>.
- Vaughan, William, a Sharon L. Greene. 1984. „Pigeon Visual Memory Capacity". *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 10 (2): 256–71. doi:10.1037/0097-7403.10.2.256.
- Wasserman, Edward A. 1995. „The Conceptual Abilities of Pigeons". *American Scientist* 83 (3): 246–55.
- Wasserman, Edward A., Jacob A. Hugart, a Kim Kirkpatrick-Steger. 1995. „Pigeons Show Same-Different Conceptualization after Training with Complex Visual Stimuli". *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 21 (3): 248–52. doi:10.1037/0097-7403.21.3.248.
- Watanabe, Shigeru. 1988. „Failure of visual prototype learning in the pigeon". *Animal Learning & Behavior* 16 (2): 147–52. doi:10.3758/BF03209057.
- Watanabe, Shigeru. 2001. „Discrimination of cartoons and photographs in pigeons: effects of scrambling of elements". *Behavioural Processes* 53 (1–2): 3–9. doi:10.1016/S0376-6357(00)00139-X.
- Werner, Christian W., a G. Rehkämper. 1999. „Discrimination of Multidimensional Geometrical Figures by Chickens: Categorization and Pattern-Learning". *Animal Cognition* 2 (1): 27–40. doi:10.1007/s100710050022.
- Werner, Christian W., a Gerd Rehkämper. 2001. „Categorization of Multidimensional Geometrical Figures by Chickens (*Gallus Gallus* f. *Domestica*): Fit of Basic Assumptions from Exemplar, Feature and Prototype Theory". *Animal Cognition* 4 (1): 37–48. doi:10.1007/s100710100090.
- Wilson, Bundy, N. J. Mackintosh, a R. A. Boakes. 1985. „Transfer of relational rules in matching and oddity learning by pigeons and corvids". *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section B* 37 (4): 313–32. doi:10.1080/14640748508401173.
- Wright, Anthony A., Robert G. Cook, Jacquelyne J. Rivera, Stephen F. Sands, a Juan D. Delius. 1988. „Concept Learning by Pigeons: Matching-to-Sample with Trial-Unique Video Picture Stimuli". *Animal Learning & Behavior* 16 (4): 436–44. doi:10.3758/BF03209384.
- Wright, Anthony A., John F. Magnotti, Jeffrey S. Katz, Kevin Leonard, a Debbie M. Kelly. 2016. „Concept Learning Set-Size Functions for Clark's Nutcrackers". *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* 105 (1): 76–84. doi:10.1002/jeab.174.
- Young, Michael E., Edward A. Wasserman, a Kelvin L. Garner. 1997. „Effects of Number of Items on the Pigeon's Discrimination of Same from Different Visual Displays". *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 23 (4): 491–501. doi:10.1037/0097-7403.23.4.491.
- Zentall, Thomas R., Mark Galizio, a Thomas S. Critchfield. 2002. „Categorization, Concept Learning, and Behavior Analysis: An Introduction". *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* 78 (3): 237–48. doi:10.1901/jeab.2002.78-237.
- Zentall, Thomas R., a E. Hogan. 1978. „Same/Different Concept Learning in the Pigeon: The Effect of Negative Instances and Prior Adaptation to Transfer Stimuli". *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* 30 (2): 177–86. doi:10.1901/jeab.1978.30-177.
- Zentall, Thomas R., Edward A. Wasserman, Olga F. Lazareva, K. R. a Mary Jo Rattermann. 2008. „Concept Learning in Animals". *Comparative Cognition & Behavior Reviews* 3: 13–45. doi:10.3819/ccbr.2008.30002.